

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
US Department of Commerce  
United States Patent and Trademark  
Office, PCT  
2011 South Clark Place Room  
CP2/5C24  
Arlington, VA 22202  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing: 11 January 2001 (11.01.01)	
International application No.: PCT/JP00/04280	Applicant's or agent's file reference: 662003
International filing date: 29 June 2000 (29.06.00)	Priority date: 02 July 1999 (02.07.99)
Applicant: NARITA, Shoriki et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:  
20 November 2000 (20.11.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer:  J. Zahra Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## PATENT COOPERATION TREATY

13  
517

PCT

NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

AOYAMA, Tamotsu  
Aoyama & Partners  
IMP Building  
3-7, Shiromi 1-chome  
Chuo-ku, Osaka-shi  
Osaka 540-0001  
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 07 November 2000 (07.11.00)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference 662003	
International application No. PCT/JP00/04280 ✓	International filing date (day/month/year) 29 June 2000 (29.06.00) ✓
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 02 July 1999 (02.07.99) ✓
Applicant MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD. et al ✓	

- The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
- An asterisk(\*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
02 July 1999 (02.07.99) ✓	11/189053 ✓	JP ✓	18 Augu 2000 (18.08.00)
15 Octo 1999 (15.10.99) ✓	11/293702 ✓	JP ✓	18 Augu 2000 (18.08.00)
29 Octo 1999 (29.10.99) ✓	11/308855 ✓	JP ✓	18 Augu 2000 (18.08.00)
15 Nove 1999 (15.11.99) ✓	11/323979 ✓	JP ✓	18 Augu 2000 (18.08.00)
20 June 2000 (20.06.00) ✓	2000/184467 ✓	JP ✓	18 Augu 2000 (18.08.00)

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Tessadel PAMPLIEGA <i>Tdp</i>
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# PRESENT COOPERATION TREA



13. 1. 22 from the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

## NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

AOYAMA, Tamotsu  
Aoyama & Partners  
IMP Building  
3-7, Shiromi 1-chome  
Chuo-ku, Osaka-shi  
Osaka 540-0001  
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 11 January 2001 (11.01.01)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference 662003			
International application No. PCT/JP00/04280 ✓	International filing date (day/month/year) 29 June 2000 (29.06.00) ✓	Priority date (day/month/year) 02 July 1999 (02.07.99) ✓	
Applicant MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD. et al ✓			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

KR,US ✓

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

CN,EP ✓

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 11 January 2001 (11.01.01) under No. WO 01/03176

### REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

### REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



2825  
JCS Rec'd PCT/PTO 30 JAN 2002 7

28009.20.2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of : Attn: BOX PCT  
Shoriki NARITA et al. : Docket No.2001\_1876A  
Serial No. 10/019,700 :  
Filed January 2, 2002 :

BUMP FORMING APPARATUS FOR  
CHARGE APPEARANCE SEMICONDUCTOR  
SUBSTRATE, CHARGE REMOVAL  
METHOD FOR CHARGE APPEARANCE  
SEMICONDUCTOR SUBSTRATE,  
CHARGE REMOVING UNIT FOR  
CHARGE APPEARANCE SEMICONDUCTOR  
SUBSTRATE, AND CHARGE APPEARANCE  
SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

RECEIVED  
MAY 28 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

**SUBMISSION OF ENGLISH VERSION OF IPER**

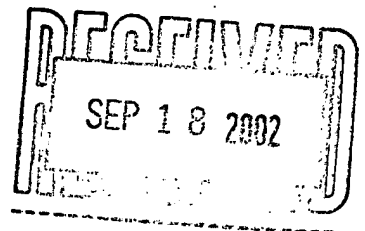
Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, D.C.

Sir:

An English language version of the International Preliminary Examination Report is submitted  
herewith for the Examiner's consideration.

Respectfully submitted,

Shoriki NARITA et al.



By:

*Michael S. Huppert*

Michael S. Huppert  
Registration No. 40,268  
Attorney for Applicants

MSH/kjf  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
January 30, 2002

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

PCT INITIAL PROCESSING

FEB - 1 2002

RECEIVED

4T  
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 662003	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP00/04280	International filing date (day/month/year) 29 June 2000 (29.06.00)	Priority date (day/month/year) 02 July 1999 (02.07.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 21/60, 41/22		
Applicant MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 20 November 2000 (20.11.00)	Date of completion of this report 29 November 2000 (29.11.2000)
Name and mailing address of the IPEA/JP  Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/04280

## I. Basis of the report

## 1. With regard to the elements of the international application:\*

- ☒ the international application as originally filed
- ☐ the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the claims:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

## 2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed; unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

## 3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

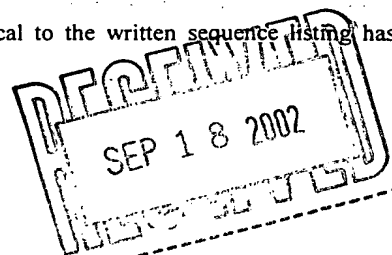
4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/04280

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-43	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-43	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-43	YES
	Claims		NO

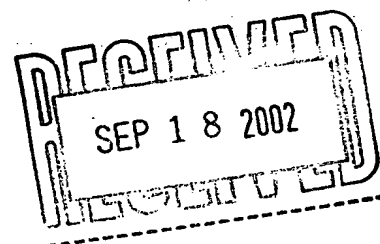
### 2. Citations and explanations

Cited in the ISR:

Document 1: JP, 11-87392, A (Oki Electric Industry Co., Ltd.)

Document 2: JP, 11-330573, A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.)

Documents 1 and 2, cited above, do not describe a specific means for removing electric charge from an electric charge generating semiconductor substrate that generates charge in response to temperature changes.

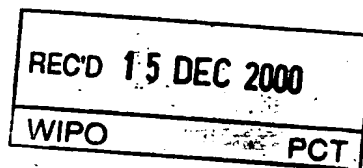


**THIS PAGE BLANK (USP)**

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)  
[PCT36条及びPCT規則70]



出願人又は代理人 の書類記号 662003	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知(様式PCT/ IPEA/416)を参照すること。		
国際出願番号 PCT/JPO0/04280	国際出願日 (日.月.年) 29.06.00	優先日 (日.月.年) 02.07.99	
国際特許分類(IPC)	Int. Cl <sup>7</sup> H01L 21/60 H01L 41/22		
出願人(氏名又は名称) 松下電器産業株式会社			

1. 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条(PCT36条)の規定に従い送付する。
2. この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
- ☐ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。  
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)  
この附属書類は、全部で                      ページである。

3. この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
- I ☒ 国際予備審査報告の基礎
- II ☐ 優先権
- III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
- IV ☐ 発明の単一性の欠如
- V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
- VI ☐ ある種の引用文献
- VII ☐ 国際出願の不備
- VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 20.11.00	国際予備審査報告を作成した日 29.11.00		
名称及びあて先 日本国特許庁(IPEA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 川真田 秀男	4R	7220
電話番号 03-3581-1101 内線 3470			

**THIS PAGE BLANK (USE)**

## I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に  
 応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。  
 PCT規則70.16, 70.17)

☒ 出願時の国際出願書類

- ☐ 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ、 出願時に提出されたもの  
 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項、 出願時に提出されたもの  
 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの  
 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 図面 第 \_\_\_\_\_ ページ/図、 出願時に提出されたもの  
 図面 第 \_\_\_\_\_ ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
 図面 第 \_\_\_\_\_ ページ/図、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 出願時に提出されたもの  
 明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
 明細書の配列表の部分 第 \_\_\_\_\_ ページ、 \_\_\_\_\_ 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である \_\_\_\_\_ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語  
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語  
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表  
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった  
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ  
☐ 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項  
☐ 図面 図面の第 \_\_\_\_\_ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならず、本報告に添付する。)

**THIS PAGE BLANK (USP).**

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)

請求の範囲 1-43

有

請求の範囲

無

進歩性(IS)

請求の範囲 1-43

有

請求の範囲

無

産業上の利用可能性(IA)

請求の範囲 1-43

有

請求の範囲

無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

国際調査報告で提示された、

文献1: JP, 11-87392, A (沖電気工業株式会社)

文献2: JP, 11-330573, A (東洋通信機株式会社)

上記文献1, 2には、本件出願の、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するための具体的手段が記載されていない。 以上

**THIS PAGE BLANK**



## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 662003	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP00/04280	国際出願日 (日.月.年) 29.06.00	優先日 (日.月.年) 02.07.99
出願人 (氏名又は名称) 松下電器産業株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) Fターム・システム (Japanese Patent Office)		
DIALOG (WPI/L)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 11-87392, A (沖電気工業株式会社) 30. 3月. 1999 (30. 03. 99) (ファミリーなし)	1-43
P, A	JP, 11-330573, A (東洋通信機株式会社) 30. 11月. 1999 (30. 11. 99) (ファミリーなし)	1-43
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	07. 09. 00	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 川真田 秀男 4R 7220 電話番号 03-3581-1101 内線 3470

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04280 ✓

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22 ✓

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22 ✓

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

F TERM SYSTEM (Japanese Patent Office) ✓

DIALOG (WPI/L) ✓

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
✓ A	JP, 11-87392, A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 30 March, 1999 (30.03.99) (Family: none)	✓ 1-43
✓ P, A	JP, 11-330573, A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 30 November, 1999 (30.11.99) (Family: none)	✓ 1-43

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
07 September, 2000 (07.09.00) ✓Date of mailing of the international search report  
19 September, 2000 (19.09.00) ✓Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office ✓

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001年1月11日 (11.01.2001)

PCT

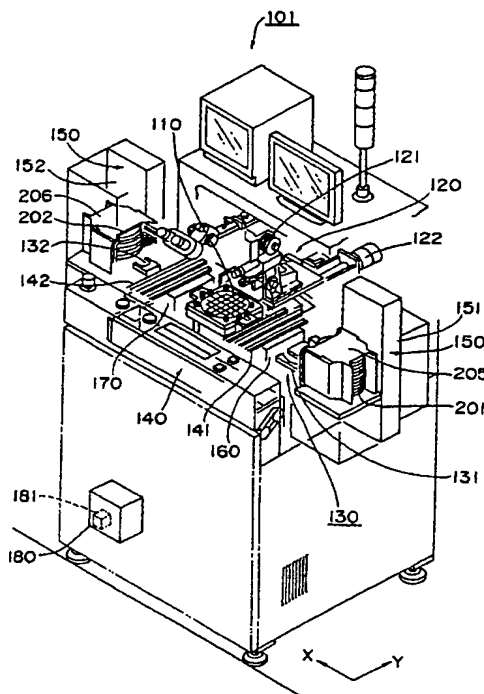
(10) 国際公開番号  
WO 01/03176 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/60, 41/22 特願平 11/323979  
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04280 特願2000/184467 1999年11月15日 (15.11.1999) JP  
(22) 国際出願日: 2000年6月29日 (29.06.2000) 2000年6月20日 (20.06.2000) JP  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願平11/189053 1999年7月2日 (02.07.1999) JP  
特願平11/293702 1999年10月15日 (15.10.1999) JP  
特願平11/308855 1999年10月29日 (29.10.1999) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 成田正力 (NARITA, Shoriki) [JP/JP]; 〒573-0018 大阪府枚方市桜丘町45-2-1104 Osaka (JP). 坪井保孝 (TSUBOI, Yasutaka) [JP/JP]; 〒573-1146 大阪府枚方市牧野阪3-17-33-301 Osaka (JP). 池谷雅彦 (IKEYA, Masahiko) [JP/JP]; 〒591-8022 大阪府堺市金岡町948-2-N102

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE BUMP FORMING DEVICE, METHOD OF REMOVING ELECTRIC CHARGE FROM ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, DEVICE FOR REMOVING ELECTRIC CHARGE FROM ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, AND ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 電荷発生半導体基板用バンパ形成装置、電荷発生半導体基板の除電方法、電荷発生半導体基板用除電装置、及び電荷発生半導体基板



(57) Abstract: A bump forming device (101, 501), a method of removing electric charge from an electric charge generating semiconductor substrate executed by the bump forming device, a device for removing electric charge from an electric charge generating semiconductor substrate, and an electric charge generating semiconductor substrate, in which pyroelectric breakdown of and physical damage to the electric charge generating semiconductor substrate (201, 202) can be prevented. At least when a wafer (202) is cooled after the bump bonding to the wafer, the electric charge build up in the wafer by the cooling is removed by direct contact with post heat device (170) or by temperature drop control that allows electric charge to be removed in a noncontact state. Thus, the amount of electric charge in the wafer can be reduced as compared with the prior art, thereby preventing pyroelectric breakdown of the wafer and occurrence of damage, such as cracks, to the wafer itself.

[続葉有]

WO 01/03176 A1



Osaka (JP). 前 貴晴 (MAE, Takaharu) [JP/JP]; 〒  
573-0164 大阪府枚方市長尾谷町1丁目305-4 Osaka  
(JP). 金山真司 (KANAYAMA, Shinji) [JP/JP]; 〒  
634-0051 奈良県橿原市白橿町3-11-1-102 Nara (JP).

(74) 代理人: 青山 稔, 外(AOYAMA, Tamotsu et al.); 〒  
540-0001 大阪府大阪市中央区域見1丁目3番7号 IMP  
ビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

本発明は、電荷発生半導体基板（201、202）に対して焦電破壊及び物理的破損を防止可能な、バンプ形成装置（101、501）、該バンプ形成装置にて実行される電荷発生半導体基板の除電方法、電荷発生半導体基板用除電装置、及び電荷発生半導体基板を提供することを目的とする。少なくとも、ウエハ（202）へのバンプボンディング後当該ウエハを冷却するときに、該冷却により当該ウエハに蓄積する電荷をポストヒート装置（170）に直接接触させて除電を行い、又は、非接触な状態にて除電可能とする温度降下制御にて除電を行うように構成した。よって、上記ウエハの帯電量を従来に比べて低減できるので、上記ウエハの焦電破壊を防止でき、さらにウエハ自体の割れ等の損傷の発生を防止することができる。



## 明 細 書

電荷発生半導体基板用バンパ形成装置、電荷発生半導体基板の除電方法、電荷発生半導体基板用除電装置、及び電荷発生半導体基板

5

## 技術分野

10

本発明は、例えば圧電基板のように温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生型半導体基板、即ち電荷発生半導体基板上にバンパを形成するためのバンパ形成装置、該バンパ形成装置にて実行される上記電荷発生半導体基板の除電方法、上記バンパ形成装置に備わる上記電荷発生半導体基板用除電装置、及び電荷発生半導体基板に関する。

## 背景技術

15

20

25

近年、例えば携帯電話のように電子部品が取り付けられる機器が非常に小型化するのに伴い上記電子部品も小型化している。よって、半導体ウエハ上に形成された個々の回路形成部分を上記半導体ウエハから切り出すことなく上記半導体ウエハ上のそれぞれの上記回路形成部分における電極部分にバンパを形成するバンパ形成装置が存在する。このようなバンパ形成装置には、バンパ形成前の半導体ウエハを収納する第1収納容器から上記バンパ形成前ウエハを取り出す搬入装置と、上記バンパが形成されたバンパ形成後ウエハを収納する第2収納容器と、上記バンパ形成前ウエハを載置して上記電極部分とバンパとの接合のために上記半導体ウエハを通常250℃から270℃程度まで加熱するボンディングステージと、上記バンパ形成後ウエハを上記第2収納容器へ収納する搬出装置と、上記搬入装置から上記ボンディングステージへ、及び上記ボンディングステージから上記搬出装置へ上記ウエハの移載を行う移載装置とが備わる。

又、上記携帯電話等に使用されるSAW (Surface Acoustic Wave) フィルタが形成される圧電基板や、基板が従来のシリコンではなく、水晶からなる

場合や、リチウムタンタルや、リチウムニオブや、ガリウムヒ素等からなるいわゆる化合物半導体ウエハがある。このような化合物半導体ウエハ等においても、上記バンプを形成するときには、通常150℃程度で最大200℃程度まで加熱されるが、従来のシリコンウエハに比べて加熱及び冷却の速度を遅くする必要がある。

例えば、図85に示すようなSAWフィルタ10は、圧電基板11上に、入力側回路12と出力側回路13とが対をなして形成されている。尚、図88に示すようにSAWフィルタ10の電極部分18にバンプ19が上記バンプ形成装置に備わるバンプ形成ヘッドにて形成される。入力側回路12及び出力側回路13は、共に、微細なくし歯状の形態にてなり、供給された入力電気信号にて入力側回路12が発振し、該振動が圧電基板11の表面11aを伝播して出力側回路13を振動させ、該振動に基づき出力側回路13にて電子信号が生成され、出力される。このような動作によりSAWフィルタ10は、特定周波数の信号のみを通過させる。尚、図85に示すSAWフィルタ10は、ウエハ状の圧電基板11上に格子状に形成した多数のSAWフィルタ10の1個を図示しており、各SAWフィルタ10における回路部分に対する例えばバンプ形成動作等は、ウエハ状の圧電基板11に対して行われ、最終的に上記ウエハ状の圧電基板11から各SAWフィルタ10に切り分けられる。このようなウエハ状の圧電基板11は、帯電し難いが、一旦帯電するとこれを除去するのが困難であるという特質がある。

このように圧電基板11を用いていることから、室温と上記約150℃との間の昇温、降温によるウエハ状の圧電基板11の変形等により電荷が発生し、ウエハ状の圧電基板11の表面及び裏面に帯電が生じる。該帯電量としては最高約9千Vにも達する。

又、上記ウエハ状の圧電基板11そのものも薄いため、上記表面11aに発生させた振動に起因して裏面側も振動してしまう可能性がある。裏面側も振動すると、表面側の振動に悪影響を及ぼすことから、上記裏面側における振動発生を防止するため、ウエハ状の圧電基板11の裏面側には、図87に示すよう

に微細な溝 1 4 が形成されている。よって、溝 1 4 内に存在する電荷を除電するのは困難である。尚、図 8 7 では溝 1 4 を誇張して図示しており、実際には溝 1 4 は、上記 SAW フィルタにて処理される周波数に対応した寸法にて形成されるもので、数  $\mu\text{m}$  ～数百  $\text{\AA}$  程度のピッチにて配列されている。

5 従って、このように帯電したウエハ状の圧電基板 1 1 を例えば上記ボンディングステージ上に載置するときに、該ボンディングステージと圧電基板 1 1 との間、又はウエハ状の圧電基板 1 1 の表、裏面の間でスパークが発生する場合がある。該スパークが生じると、図 8 6 に符号 1 5 ～ 1 7 にて示すように、上記くし歯部分が溶融してしまい、回路を破壊してしまう。又、ウエハ状の圧電  
10 基板 1 1 が例えば上記ボンディングステージの上方に位置したとき、上記帯電によりウエハ状の圧電基板 1 1 がボンディングステージ側に引き寄せられ、該引力によりウエハ状の圧電基板 1 1 が割れてしまうという現象や、ボンディングステージに載置後、再び圧電基板 1 1 を移載しようとしたとき、ボンディングステージへの接着力が強く無理に離そうとすることで割れてしまうという現象が生じる。  
15

このように、ウエハ状の圧電基板 1 1 や、上記水晶基板のウエハや、上記化合物半導体ウエハのように、昇温、降温による温度変化に基づいて電荷が発生する基板にバンプを形成するバンプ形成装置では、シリコンウエハにバンプを形成する従来のバンプ形成装置では重大な問題とならなかった、バンプ形成のために行うウエハの昇温、降温により発生する電荷を除電することが重要な課題となってくる。  
20

尚、例えば特開昭 5 5 - 8 7 4 3 4 号公報に開示されるように、ウエハの表面に施されたダイシングラインに沿ってアルミニウム膜を形成して上記表面側の帯電を上記ダイシングラインにてウエハ周囲に逃がして該ウエハ周囲から除電したり、ウエハ裏面全面にアルミニウム膜を形成し上記裏面の除電を容易にしたウエハが提案されている。このような方法によりウエハの除電は行われると思われるが、ウエハから各チップに切り離された後、例えばバンプを介して上記チップを基板にフリップチップ実装するようときには上記裏面に押圧部  
25

材を接触させながら押圧及び超音波振動を作用させる。このとき、上記押圧部材の上記超音波振動により上記裏面のアルミニウム膜が剥離し不具合発生の要因となる可能性がある。よって、除電のために施した上記アルミニウム膜を実装前には除去する必要がある、工程及びコストの増加という問題がある。

5        一方、上述したように、ウエハ状の圧電基板 11 や、上記水晶基板のウエハや、上記化合物半導体ウエハでは、昇温、降温による温度変化に起因して電荷が発生するので、従来のシリコンウエハに対する昇温、降温の速度に比べて低速にする必要がある。よって、上記圧電基板 11 等では、従来のシリコンウエハのような帯電を生じないウエハにおけるタクトに比べてタクトが長くなって  
10        しまうという問題も生じる。

さらに又、ウエハ状の圧電基板 11 や、上記水晶基板のウエハや、上記化合物半導体ウエハでは、例えば、上記昇温後上記ボンディングステージ上に載置したときのように温度変化が生じたときに、例えば上記ウエハ状の圧電基板 11 においては、上記昇温時における温度と上記ボンディングステージとの温度  
15        差により、反りが生じる。該反りが生じたままバンプ形成を行うとウエハ状の圧電基板 11 が割れたり欠けたり、破損してしまうことから、上記反りを矯正する必要がある。

本発明は、上述したような問題点を解決するためになされたもので、電荷発生半導体基板のバンプ形成前後における当該基板の昇温、降温により発生する  
20        電荷の除電を有効に行い、かつ温度差が生じても帯電を生じない基板におけるタクトと遜色のないタクトにて動作し、さらに電荷発生半導体基板の破損を生じない、即ち、電荷発生半導体基板に対して焦電破壊及び物理的破損を防止可能な、バンプ形成装置、該バンプ形成装置にて実行される電荷発生半導体基板の除電方法、上記バンプ形成装置に備わる上記電荷発生半導体基板用除電装置、  
25        及び電荷発生半導体基板を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

本発明は、上記目的を達成するため、以下のように構成している。

本発明の第1態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板がバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度に加熱された状態にて、上記電荷発生半導体基板上の回路に形成されている電極上に上記バンプを形成するバンプ形成ヘッドを備えた電荷発生半導体基板用バンプ形成装置であって、

上記加熱された上記電荷発生半導体基板へのバンプのボンディングの後、上記電荷発生半導体基板を冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する加熱冷却装置と、

上記ボンディング後に上記電荷発生半導体基板を冷却するための温度降下制御を上記加熱冷却装置に対して行う制御装置と、  
を備えた。

上記構成によれば、加熱冷却装置及び制御装置を備えることで、少なくとも電荷発生半導体基板へのバンプボンディングが行われた後に電荷発生半導体基板を冷却するとき、該冷却により上記電荷発生半導体基板に蓄積する電荷を除電するようにした。よって、上記電荷発生半導体基板の帯電量を従来に比べて低減することができる。したがって、上記電荷発生半導体基板に除電用の手段を施すことなく、上記帯電が原因となる上記電荷発生半導体基板に形成されている回路の焦電破壊や当該電荷発生半導体基板自体の割れ等の損傷の発生を防止することができる。

又、本発明の第2態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記加熱冷却装置は、上記冷却を行うとき、上記電荷発生半導体基板の回路形成面である表面に対向する裏面に接触して、上記冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するように構成することもできる。

又、本発明の第3態様の電荷発生半導体基板用除電方法によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板上の回路に形成されている電極上にバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度に加熱されて当該電荷発生半導体基板へのバンプのボンディングが行われた後、上記電荷発生半導体基板を冷却するとき、

上記冷却による温度降下にて上記電荷発生半導体基板に生じる電荷を当該電荷発生半導体基板を載置する載置部材を介してアースして除電を行う。

これらの構成によれば、バンプ形成後に上記電荷発生半導体基板が冷却されるとき、上記加熱冷却装置は上記電荷発生半導体基板に直接接触することから、  
5 上記除電が可能である。

又、本発明の第4態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記加熱冷却装置は、上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディング用温度に加熱する前に上記バンプボンディング用温度付近まで上記電荷発生半導体基板のプリヒート動作をさらに行い、かつ上記プリヒート動作による温度上昇にて上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触して除去し、  
10

上記制御装置は、さらに、上記プリヒート動作を行うための温度上昇制御を上記加熱冷却装置に対して行うように構成することもできる。

該構成によれば、上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディング用温度に加熱するプリヒート動作により上記電荷発生半導体基板に生じる電荷についても除電することが可能となる。よって、上記焦電破壊や上記割れ等の損傷の発生をより低減することが可能となる。  
15

又、本発明の第5態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半導体基板を加熱するバンプボンディングステージと、上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う冷却装置と、を備え、上記冷却装置は、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する熱拡散部材と、上記熱拡散部材に対して着脱自在であり上記熱拡散部材を昇温する加熱部と、上記熱拡散部材と上記加熱部とを分離させ上記熱拡散部材の冷却を促進させる分離装置と、を有するように構成することもできる。  
20  
25

又、本発明の第6態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半導体基板を加熱するバンプボンディングステージと、上記制御装置による上記温度上昇

制御に従い上記電荷発生半導体基板の上記プリヒート動作を行うプリヒート装置と、を備え、上記プリヒート装置は、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する熱拡散部材と、上記熱拡散部材に接触し上記熱拡散部材を昇温する加熱部と、上記熱拡散部材と上記加熱部とを分離させ上記熱拡散部材の冷却を促進させる分離装置と、を有するように構成することもできる。

これらの構成によれば、上記分離装置により上記熱拡散部材と上記加熱部との分離が行われることから、上記熱拡散部材の冷却を促進して従来に比べてタクトの短縮を図ることができ、又、上記加熱部の寿命を長くすることができる。

又、本発明の第7態様の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置によれば、上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に対して気体を供給する気体供給装置をさらに備え、

上記制御装置は、上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に生じた反りを矯正するための反り矯正動作制御を上記気体供給装置及び上記加熱冷却装置のいずれか一方に対して行うように構成することもできる。

該構成によれば、気体供給装置から電荷発生半導体基板に気体を吹き付けるようにしたことにより、電荷発生半導体基板の反りを矯正でき、割れ等の損傷を防止することができる。

又、本発明の第8態様の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置によれば、上記制御装置は、上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するための除電用ブロー動作制御を上記気体供給装置に対して行うように構成することもできる。

該構成によれば、上記制御装置は上記気体供給装置に対して除電用ブロー動作制御を行うことから、電荷発生半導体基板の除電を行うことができ、上記焦電破壊や、割れ等の損傷を防止することができる。

又、本発明の第9態様の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置によれば、上記電荷発生半導体基板の上記表面に接触し、上記表面に生じた分の電荷を除去する除電用接触部材をさらに備えるように構成することもできる。

該構成によれば、除電用接触部材により電荷発生半導体基板の表面の電荷も

除電でき、さらに上記焦電破壊や、割れ等の損傷を防止することができる。

又、本発明の第10態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記電荷発生半導体基板に蓄積された電荷を中和するイオンを発生するイオン発生装置をさらに備えるように構成することもできる。

5       該構成によれば、イオン発生装置により電荷発生半導体基板の電荷の中和を行うことができ、さらに上記焦電破壊や、割れ等の損傷を防止することができる。

10       又、本発明の第11態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記電荷発生半導体基板を保持する保持爪を有し該保持爪にて上記電荷発生半導体基板を保持するとともに上記電荷発生半導体基板の上記加熱冷却装置への搬送を行うウエハ保持部をさらに備え、上記ウエハ保持部及び上記保持爪において、上記イオン発生装置から発生した上記イオンが作用する箇所には絶縁材料にてコーティングを施すように構成することもできる。

15       該構成によれば、ウエハ保持部の保持爪部分には絶縁材料にてコーティングを施したことから、上記イオン発生装置から発せられたイオンが金属部分に作用して上記除電作用が低減してしまうのを防止することができる。

20       又、本発明の第12態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記加熱冷却装置において、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する部分には、当該加熱冷却装置と上記電荷発生半導体基板との熱伝達率を向上し上記電荷発生半導体基板の除電を図る金属メッキを施すように構成することもできる。

      該構成によれば、金属メッキを施すことで、加熱冷却装置と電荷発生半導体基板との間の熱伝導率が良くなり、又、電荷発生半導体基板の除電効果を高くすることができる。

25       さらに又、本発明の第13態様の電荷発生半導体基板用除電装置によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板を加熱後冷却するとき、当該電荷発生半導体基板の回路形成面である表面に対向する裏面に接触して、上記冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する加



熱冷却装置と、

上記電荷発生半導体基板を冷却するための温度降下制御を上記加熱冷却装置に対して行う制御装置と、  
を備える。

5       さらに又、本発明の第 1 4 態様の電荷発生半導体基板によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板の回路形成面である表面に形成され、当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するため導体にてなる電荷除去用領域と、

10       上記電荷除去用領域に接続され、かつ上記表面に形成された回路形成部分を当該電荷発生半導体基板より切り分けるためのダイシングラインと、  
を備える。

さらに又、本発明の第 1 5 態様の電荷発生半導体基板用除電方法によれば、第 1 4 態様の電荷発生半導体基板に、第 9 態様の除電用接触部材を接触させて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する。

15       上記第 1 4 態様の電荷発生半導体基板、及び第 1 5 態様の電荷発生半導体基板の除電方法によれば、電荷除去用領域及びダイシングラインを備え、電荷発生半導体基板に生じた電荷を上記電荷除去用領域から、又は電荷除去用領域及びダイシングラインを通して除去することができる。よって、帯電が原因となる上記電荷発生半導体基板に形成されている回路の焦電破壊や当該電荷発生半  
20       導体基板自体の割れ等の損傷の発生を防止することができる。ここで、電荷発生半導体基板における帯電量は、例えば上記電荷発生半導体基板に形成した回路形成部分から上記電荷発生半導体基板におけるダイシングラインへのアースの仕方によっても変化する。最も効果的に除電を行ったときにはイオン発生装置を使用しなくても上記帯電量を約±20Vにまで低減することができ、平均  
25       すると約±200Vに低減することができる。

さらに又、本発明の第 1 6 態様の電荷発生半導体基板によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板に帯電した電荷の除去を行ない、帯電量が±200V以下である。

さらに又、本発明の第 17 態様の電荷発生半導体基板によれば、上記第 3 態様の除電方法にて電荷発生半導体基板の電荷の除去が行われる。

又、本発明の第 18 態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、上記制御装置にて行われる上記温度降下制御は、上記冷却による温度降下にて  
5 上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する温度降下制御であり、

上記加熱冷却装置は、上記電荷発生半導体基板に対して非接触な状態にて上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディング用温度に加熱するとともに、上記非接触な状態にて上記ボンディング後に上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行うように構成することもできる。

又、本発明の第 19 態様の電荷発生半導体基板用除電方法によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板上の回路に形成されている電極上にバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度に加熱されて当該電荷発生半導体基板へのバンプのボンディングが行われた後、上記電荷発生半導体  
10 基板に非接触な状態にて配置され上記電荷発生半導体基板を加熱して上記電荷発生半導体基板の降温を調整する冷却装置を用いて上記電荷発生半導体基板を冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じる電荷を除去する温度降下制御を上記冷却装置に対して行う。

これらの構成によれば、バンプ形成後に上記電荷発生半導体基板が冷却されるとき、上記加熱冷却装置は上記電荷発生半導体基板に非接触な状態にて、  
20 上記電荷発生半導体基板に蓄積する電荷を除去する温度降下制御を行うようにしたことから、上記帯電量を従来に比べて低減することができる。よって、上記電荷発生半導体基板に除電用の手段を施すことなく、上記帯電が原因となる上記電荷発生半導体基板に形成されている回路の損傷や当該電荷発生半導体基板自体の割れ等の損傷の発生を防止することができる。

又、本発明の第 20 態様の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置によれば、  
25 上記第 18 態様のバンプ形成装置において、上記温度降下制御は、降温と、該降温における下降温度幅未満の温度幅による昇温とを交互に繰り返し行うように構成することもできる。

又、上記第 18 態様のバンプ形成装置において、上記加熱冷却装置における上記電荷発生半導体基板の上記バンプボンディング用温度への加熱は、上記バンプボンディング用温度付近まで上記電荷発生半導体基板を予め加熱するプリヒート動作を含み、

5       上記制御装置は、さらに、上記プリヒート動作による温度上昇にて生じ上記電荷発生半導体基板に生じる電荷を除去する温度上昇制御を上記加熱冷却装置に対して行うように構成することもできる。

又、上記温度上昇制御は、昇温と、該昇温における上昇温度幅未満の温度幅による降温とを交互に繰り返し行うように構成することもできる。

10       又、本発明の第 21 態様の電荷発生半導体基板用除電装置によれば、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板を加熱後冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する温度降下制御を行う制御装置と、

15       上記電荷発生半導体基板に対して非接触な状態にて、上記電荷発生半導体基板を加熱するとともに、該加熱後に上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う加熱冷却装置と、  
を備える。

又、本発明の第 22 態様の電荷発生半導体基板によれば、上記第 19 態様の除電方法にて電荷発生半導体基板の電荷の除去が行われる。

20

#### 図面の簡単な説明

本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

25       図 1 は、本発明における第 1 実施形態におけるバンプ形成装置の全体構成を示す斜視図であり、

図 2 は、図 1 に示すバンプ形成装置の主要部分の詳細な構造を示す斜視図であり、

図 3 は、図 1 及び図 2 に示す搬入装置の構成の詳細を示す斜視図であり、

図4は、図1及び図2に示すオリフラ合わせ装置の構成の詳細を示す斜視図であり、

図5は、図1及び図2に示す移載装置の構成の詳細を示す斜視図であり、

図6は、図5に示すウエハ保持部の保持爪部分の詳細を示す図であり、

5 図7は、図5に示すウエハ保持部の除電用接触部材の構成の詳細を示す図であり、

図8は、図5に示すウエハ保持部の除電用接触部材の他の例における構成を示す図であり、

10 図9は、ウエハの周縁部分に設けたアルミニウム膜と上記除電用接触部材の接触位置との関係を示す図であり、

図10は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図11は、図1に示すバンプボンディング装置の構造を示す図であり、

図12は、ウエハの反りを説明するための図であり、

図13は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

15 図14は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図15は、図14に示す除電用部材の構造を説明するための斜視図であり、

図16は、図14に示す除電用部材の構造を説明するための斜視図であり、

図17は、上記除電用接触部材の変形例を示す斜視図であり、

図18は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

20 図19は、図18に示す除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図20は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図21は、上記除電用接触部材の一端に取り付ける部材の変形例を示す斜視図であり、

図22は、プリヒート装置及びポストヒート装置の斜視図であり、

25 図23は、図22に示すプリヒート装置及びポストヒート装置の動作説明用の図であり、

図24は、図22に示すプリヒート装置及びポストヒート装置の動作説明用の図であり、

図 2 5 は、図 2 2 に示すプリヒート装置及びポストヒート装置のアルミニウム板及びヒータープレート枠の斜視図であり、

図 2 6 は、図 2 2 に示すプリヒート装置及びポストヒート装置のアルミニウム板及びパネルヒータ枠の斜視図であり、

5 図 2 7 は、図 1 に示すバンプ形成装置の動作を示すフローチャートであり、

図 2 8 は、図 2 7 に示すステップ 2 における動作を説明するための図であって搬入装置にてウエハを上昇させている状態を示す図であり、

図 2 9 は、図 2 7 に示すステップ 2 における動作を説明するための図であって搬入側移載装置にてウエハを保持する直前の状態を示す図であり、

10 図 3 0 は、図 2 7 に示すステップ 2 における動作を説明するための図であって搬入側移載装置にてウエハを保持した直後の状態を示す図であり、

図 3 1 は、図 2 7 に示すステップ 2 における動作を説明するための図であって搬入側移載装置にてウエハを保持した状態を示す図であり、

15 図 3 2 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するためのフローチャートであってパネルヒータ枠及びアルミニウム板を分離する場合の動作を示すフローチャートであり、

図 3 3 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するための図であってプリヒート装置の上方へバンプ形成前ウエハを搬送させた状態を示す図であり、

20 図 3 4 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するための図であってバンプ形成前ウエハをアルミニウム板上へ載置した状態を示す図であり、

図 3 5 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するための図であってウエハ保持部によるバンプ形成前ウエハの保持を解除した状態を示す図であり、

25 図 3 6 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するための図であってバンプ形成前ウエハを載置したアルミニウム板を下降させた状態を示す図であり、

図 3 7 は、図 2 7 に示すステップ 3 における動作を説明するためのフローチ

ャートであってパネルヒータ枠及びアルミニウム板を分離しない場合の動作を示すフローチャートであり、

図 3 8 は、図 2 7 に示すステップ 4 における動作を説明するための図であってプリヒート動作における昇温制御を示す図であり、

5 図 3 9 は、プリヒート動作における昇温制御の変形例を示す図であり、

図 4 0 は、図 2 7 に示すステップ 5 における、プリヒート装置からバンプボンディング装置への移載動作を説明するためのフローチャートであってパネルヒータ枠及びアルミニウム板を分離する場合の動作を示すフローチャートであり、

10 図 4 1 は、図 2 7 に示すステップ 5 における、プリヒート装置からバンプボンディング装置への移載動作を説明するためのフローチャートであってパネルヒータ枠及びアルミニウム板を分離しない場合の動作を示すフローチャートであり、

15 図 4 2 は、図 2 7 に示すステップ 5 における、バンプボンディングステージへのバンプ形成前ウエハの移載の際に実行される、熱風吹き付けを行う場合の反り矯正動作を説明するためのフローチャートであり、

図 4 3 は、図 2 7 に示すステップ 5 における、バンプボンディングステージへのバンプ形成前ウエハの移載の際に実行される、熱風吹き付けを行なわない場合の反り矯正動作を説明するためのフローチャートであり、

20 図 4 4 は、プリヒート動作における温度上昇制御動作による温度上昇を示すグラフであり、

図 4 5 は、図 2 7 に示すステップ 5 における動作を説明するための図であってバンプ形成前ウエハをボンディングステージの上方に配置した状態を示す図であり、

25 図 4 6 は、図 2 7 に示すステップ 5 における動作を説明するための図であってボンディングステージにてウエハを保持する直前の状態を示す図であり、

図 4 7 は、図 2 7 に示すステップ 5 における動作を説明するための図であってボンディングステージにてウエハを保持し搬入側移載装置がウエハの保持を

解除した状態を示す図であり、

図 4 8 は、図 2 7 に示すステップ 5 における動作を説明するための図であってボンディングステージにてウエハを保持した状態を示す図であり、

5 図 4 9 は、ポストヒート動作における温度降下制御動作による温度降下を示すグラフであり、

図 5 0 は、上記ポストヒート動作を説明するためのフローチャートであり、

図 5 1 は、上記ポストヒート動作を開始する際に、ウエハ保持部の加熱を行う場合の動作を示すフローチャートであり、

10 図 5 2 は、上記ポストヒート動作における温度降下パターンを示すグラフであり、

図 5 3 は、上記ポストヒート動作を説明するためのフローチャートであり、

図 5 4 は、上記ポストヒート動作を説明するためのフローチャートであり、

図 5 5 は、上記ポストヒート動作後、バンプ形成後ウエハをポストヒート装置から搬出する動作を示すフローチャートであり、

15 図 5 6 は、図 2 7 に示すステップ 8 における動作を説明するための図であって搬出側移載装置にて保持されたバンプ形成後ウエハを搬出装置の上方に配置した状態を示す図であり、

図 5 7 は、図 2 7 に示すステップ 8 における動作を説明するための図であって搬出装置の保持部をバンプ形成後ウエハに接触させた状態を示す図であり、

20 図 5 8 は、図 2 7 に示すステップ 8 における動作を説明するための図であって搬出側移載装置によるウエハの保持を解除した直後の状態を示す図であり、

図 5 9 は、図 2 7 に示すステップ 8 における動作を説明するための図であって搬出装置の保持部に保持されたバンプ形成後ウエハを保持台に載置する直前の状態を示す図であり、

25 図 6 0 は、図 2 7 に示すステップ 8 における動作を説明するための図であって上記バンプ形成後ウエハを保持台に載置した状態を示す図であり、

図 6 1 は、図 1 に示す搬出側移載装置から搬出装置へバンプ形成後ウエハを移載するときに、イオン発生装置にてイオンをウエハに作用させる状態を示す

図であり、

図 6 2 は、図 1 に示すバンプ形成装置の変形例における斜視図であり、

図 6 3 は、図 6 2 に示すバンプ形成装置にて実行される除電用ブロー動作を説明するためのフローチャートであり、

5 図 6 4 は、上記バンプ形成前ウエハに取り付けるサブプレートの平面図であり、

図 6 5 は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図 6 6 は、図 1 及び図 2 に示す搬入側移載装置及び搬出側移載装置の変形例を示す図であり、

10 図 6 7 は、上記除電用接触部材の変形例を示す図であり、

図 6 8 は、図 1 及び図 2 に示すプリヒート装置、ポストヒート装置、及びボンディングステージにおいて、電荷発生半導体基板との接触面に銀メッキを施した状態の図であり、

図 6 9 は、電荷除去用領域を形成した電荷発生半導体基板の平面図であり、

15 図 7 0 は、図 6 9 に示す電荷除去用領域の変形例を示す図であり、

図 7 1 は、図 1 に示すバンプ形成装置の変形例におけるバンプ形成装置の主要部分の詳細な構造を示す斜視図であり、

図 7 2 は、図 7 1 に示すプリヒート装置及びポストヒート装置の構成の詳細を示す斜視図であり、

20 図 7 3 は、図 7 1 に示すプリヒート装置及びポストヒート装置の構成を示す断面図であり、

図 7 4 は、図 7 1 に示すバンプ形成装置の動作の流れと、ウエハの温度変化と、ウエハの帯電量との関係を示す図であり、

図 7 5 は、図 2 7 に示すプリヒート動作を示すフローチャートであり、

25 図 7 6 は、図 7 5 に示す温度上昇制御動作を示すフローチャートであり、

図 7 7 は、図 7 6 に示す温度上昇制御動作による温度上昇を示すグラフであり、

図 7 8 は、上記プリヒート動作及びポストヒート動作においてウエハの帯電



量を静電センサにて測定する構造を示す図であり、

図 7 9 は、図 2 7 に示すポストヒート動作を示すフローチャートであり、

図 8 0 は、図 7 9 に示す温度降下制御動作を示すフローチャートであり、

図 8 1 は、図 8 0 に示す温度降下制御動作による温度降下を示すグラフであり、

図 8 2 は、図 2 7 に示すポストヒート動作のときに、イオン発生装置にてイオンをバンプ形成後ウエハに作用させる状態を示す図であり、

図 8 3 は、図 2 7 に示すプリヒート動作のときに、イオン発生装置にてイオンをバンプ形成前ウエハに作用させる状態を示す図であり、

図 8 4 は、図 6 2 に示すバンプ形成装置にて実行される除電用ブロー動作を説明するためのフローチャートであり、

図 8 5 は、S A Wフィルタの構造を示す斜視図であり、

図 8 6 は、上記S A Wフィルタにおけるくし歯回路部分における損傷を示す図であり、

図 8 7 は、圧電基板ウエハの表裏における帯電状態を説明するための図であり、

図 8 8 は、回路の電極部分にバンプを形成した状態を示す平面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の実施形態であるバンプ形成装置、該バンプ形成装置にて実行される電荷発生半導体基板の除電方法、及び上記バンプ形成装置に備わる上記電荷発生半導体基板用除電装置、並びに電荷発生半導体基板について、図を参照しながら以下に説明する。尚、各図において同じ構成部分については同じ符号を付している。

又、図 1 及び図 2 に示す、本実施形態のバンプ形成装置 1 0 1 は、上記S A Wフィルタを形成するウエハ状の圧電基板（以下、「圧電基板ウエハ」と記す）を処理するのに適しており、以下の説明でも上記圧電基板ウエハにバンプを形成する場合を例に採るが、処理対象を上記圧電基板ウエハに限定するものではない。即ち、温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生型半導体基板（以下、

単に、「電荷発生半導体基板」と記す)に相当する、例えば $\text{LiTaO}_3$ や $\text{LiNbO}_3$ 等の化合物半導体ウエハや、水晶を基板とする水晶半導体ウエハ等  
5 に対して本実施形態のバンプ形成装置101は適用可能である。又、Siを  
基板とするSi半導体ウエハにも適用可能である。尚、その場合、バンプを形  
成するときのウエハの温度を上述のように約 $250^\circ\text{C}$ ~約 $270^\circ\text{C}$ まで加熱す  
ることになる。

又、上記バンプ形成装置101は、バンプ形成前の圧電基板ウエハ201を  
層状に収納した第1収納容器205と、バンプ形成後の圧電基板ウエハ202  
を層状に収納する第2収納容器206との両方を備えた、いわゆる両マガジン  
10 タイプであるが、該タイプに限定されるものではなく、上記バンプ形成前圧電  
基板ウエハ201及び上記バンプ形成後圧電基板ウエハ202を一つの収納容  
器に収納するいわゆる片マガジントップを構成することもできる。

又、以下に説明する、ボンディングステージ110、プリヒート装置160、  
及びポストヒート装置170が加熱冷却装置に相当し、ポストヒート装置17  
15 0は冷却装置の機能を果たす一例である。

又、上記加熱冷却装置、及び以下に説明する制御装置180にて除電装置を  
構成する。

上記バンプ形成装置101は、大別して、一つのボンディングステージ11  
0と、一つのバンプ形成ヘッド120と、搬送装置130と、搬入側と搬出側  
20 にそれぞれ設けた移載装置140と、上記収納容器205、206についてそ  
れぞれ設けられそれぞれの収納容器205、206を昇降させる昇降装置15  
0と、プリヒート装置160と、ポストヒート装置170と、制御装置180  
とを備える。しかしながら、当該バンプ形成装置101では、以下の構造説明  
及び動作説明に示すように、バンプ形成のために必要となるバンプボンディン  
25 グ用温度と室温との間の温度変化によりバンプ形成前の圧電基板ウエハ201  
及びバンプ形成後の圧電基板ウエハ202の表裏面に生じる帯電を除去するた  
めの構造及び動作、並びに、バンプ形成前の圧電基板ウエハ201における、  
プリヒート装置160への載置動作及びプリヒート装置160からボンディン

グステージ 110 への移載動作、バンプ形成後の圧電基板ウエハ 202 におけるボンディングステージ 110 からポストヒート装置 170 への移載動作にて、圧電基板ウエハ 201, 202 に損傷を生じさせない構造及び動作が、従来のバンプ形成装置とは大きく相違する。又、バンプ形成装置 101 は、バンプを形成する装置であるから、最も基本的な構成部分は、上記ボンディングステージ 110 及びバンプ形成ヘッド 120 である。

以下に、上述の各構成部分について説明する。

上記ボンディングステージ 110 は、上記バンプ形成前の圧電基板ウエハ（以下、単に「バンプ形成前ウエハ」と記す）201 を載置するとともに、該バンプ形成前ウエハ 201 上に形成されている回路における電極上にバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度までバンプ形成前ウエハ 201 を加熱する。尚、上述の、バンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度とは、上記電極とバンプとを設計上の強度にて接合するために必要な温度であり、バンプが形成されるウエハや基板の材質や上記設計上の強度に応じて設定される温度である。本実施形態の場合、約 210℃ である。

ボンディングステージ 110 では、バンプ形成前ウエハ 201 が載置されるウエハ載置台 111 に、図 11 に示すように、バンプ形成前ウエハ 201 を吸着するための、及び気体を噴出するための出入孔 113 を開口させており、該出入孔 113 には、制御装置 180 にて動作制御される吸引装置 114、及び気体供給装置として機能する一例であるブロー装置 115 が接続されている。尚、本実施形態では、上記気体は空気である。又、ボンディングステージ 110 のウエハ載置台 111 は、ヒータ 112 側に接触している加熱位置と電荷発生半導体基板を移載するための移載位置との間を、昇降装置にて昇降可能である。又、ウエハ載置台 111 におけるバンプ形成前ウエハ 201 との接触面には、図 68 に示すように金属メッキ、本実施形態では銀メッキ 261 を施している。銀メッキを施すことで、ウエハ載置台 111 とバンプ形成前ウエハ 201 との間の熱伝導率が良くなり、又、バンプ形成前ウエハ 201 の除電効果も高くなる。

上記バンパ形成ヘッド 120 は、上記ボンディングステージ 110 に載置され上記バンパボンディング用温度に加熱されたバンパ形成前ウエハ 201 の上記電極にバンパを形成するための装置であり、バンパの材料となる金線を供給するワイヤ供給部 121 の他、上記金線を溶融してボールを形成し該溶融ボールを上記電極に押圧するバンパ作製部、上記押圧時にバンパに超音波を作用させる超音波発生部等を備える。又、このように構成されるバンパ形成ヘッド 120 は、例えばボールねじ構造を有し平面上で互いに直交する X、Y 方向に移動可能な X、Y テーブル 122 上に設置されており、固定されている上記バンパ形成前ウエハ 201 の各上記電極にバンパを形成可能なように上記 X、Y テーブル 122 によって上記 X、Y 方向に移動される。

当該バンパ形成装置 101 では、上記搬送装置 130 として 2 種類設けられている。その一つである搬入装置 131 は、上記第 1 収納容器 205 から上記バンパ形成前ウエハ 201 を取り出す装置であり、他の一つである搬出装置 132 は、バンパ形成後の圧電基板ウエハ（以下、単に「バンパ形成後ウエハ」と記す）202 を上記第 2 収納容器 206 へ搬送し収納する装置である。図 3 に示すように、搬入装置 131 には、バンパ形成前ウエハ 201 を吸着動作にて保持する保持台 1311 と、該保持台 1311 を X 方向に沿って移動させる搬入装置用移動装置 1312 とが備わる。搬入装置用移動装置 1312 に含まれる駆動部 1313 は、制御装置 180 に接続され動作制御される。よって、上記駆動部 1313 が動作することで保持台 1311 が X 方向に沿って移動し、第 1 収納容器 205 からバンパ形成前ウエハ 201 を取り出してくる。

搬出装置 132 も搬入装置 131 と同様の構造を有し、同様に動作することから、略説する。つまり搬出装置 132 は、図 56 に示すように、バンパ形成後ウエハ 202 を本実施形態では吸着動作により保持する保持台 1321 と、該保持台 1321 を X 方向に沿って移動させ、第 2 収納容器 206 へ上記バンパ形成後ウエハ 202 を収納させる搬出装置用移動装置 1322 と、バンパ形成後ウエハ 202 の裏面 202b に吸着しバンパ形成後ウエハ 202 を保持する保持部 1323 と、上記保持台 1321 の下方に配置され保持台 1321 に

保持されているバンプ形成後ウエハ 202 の厚み方向へ保持部 1323 を移動させる駆動部 1324 とを備える。上記搬出装置用移動装置 1322 及び駆動部 1324 は、制御装置 180 にて動作制御される。

又、搬入装置 131 の設置箇所には、第 1 収納容器 205 から搬入装置 131 にて取り出したバンプ形成前ウエハ 201 のオリエンテーションフラットを所定方向に配向させる、オリフラ合わせ装置 133 が設けられている。該オリフラ合わせ装置 133 には、図 4 に示すように、駆動部 1332 にて Y 方向に移動してバンプ形成前ウエハ 201 を挟持する挟持板 1331 と、バンプ形成前ウエハ 201 の厚み方向に移動可能であり、かつバンプ形成前ウエハ 201 を保持可能であり、かつ保持したバンプ形成前ウエハ 201 のオリエンテーションフラットの配向を行うためにバンプ形成前ウエハ 201 の周方向に回転可能な保持部 1333 と、該保持部 1333 の駆動部 1334 とが備わる。上記駆動部 1332、1334 は、制御装置 180 にて動作制御される。

移載装置 140 は、当該バンプ形成装置 101 では、搬入側移載装置 141 と搬出側移載装置 142 とを備える。搬入側移載装置 141 は、上記搬入装置 131 の保持台 1311 に保持された上記バンプ形成前ウエハ 201 を挟持し、プリヒート装置 160 への搬送と、プリヒート装置 160 からボンディングステージ 110 への搬送を行う。一方、搬出側移載装置 142 は、ボンディングステージ 110 上に保持されている上記バンプ形成後ウエハ 202 を挟持し、ポストヒート装置 170 への搬送と、ポストヒート装置 170 から上記搬出装置 132 の保持台 1321 への搬送とを行う。このような搬入側移載装置 141 は、図 2 に示すように、バンプ形成前ウエハ 201 を挟持しかつバンプ形成前ウエハ 201 の表面及び裏面の帯電を除去するウエハ保持部 1411 と、上記挟持動作のためにウエハ保持部 1411 を駆動する、本実施形態ではエアシリンダを有する駆動部 1412 と、これらウエハ保持部 1411 及び駆動部 1412 の全体を X 方向に移動させる、本実施形態ではボールねじ機構にて構成される移動装置 1413 とを備える。上記駆動部 1412 及び移動装置 1413 は、制御装置 180 に接続され、動作制御される。

搬出側移載装置 1 4 2 も、上記搬入側移載装置 1 4 1 と同様に、ウエハ保持部 1 4 2 1 と、駆動部 1 4 2 2 と、移動装置 1 4 2 3 とを備え、駆動部 1 4 2 2 及び移動装置 1 4 2 3 は制御装置 1 8 0 にて動作制御される。

上記ウエハ保持部 1 4 1 1、1 4 2 1 について説明する。ウエハ保持部 1 4 1 1 は、図 5 に示すように、上記駆動部 1 4 1 2 にて X 方向に可動な、第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 と、これらに挟まれて配置される除電用部材 1 4 1 6 とが互いに平行に配列されている。これら第 1 保持部材 1 4 1 4、第 2 保持部材 1 4 1 5、及び除電用部材 1 4 1 6 は、ともに鉄又はその他の導電性材料から作製されている。ウエハ保持部 1 4 2 1 も、ウエハ保持部 1 4 1 1 と同様に、第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 と、これらに挟まれて配置される除電用部材 1 4 2 6 とが互いに平行に配列されている。これら第 1 保持部材 1 4 2 4、第 2 保持部材 1 4 2 5、及び除電用部材 1 4 2 6 は、ともに鉄又はその他の導電性材料から作製されている。尚、ウエハ保持部 1 4 1 1、1 4 2 1 は同じ構造にてなるので、以下には代表してウエハ保持部 1 4 1 1 を例に説明する。

第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 には、図示するようにバンパ形成前ウエハ 2 0 1 を保持するための L 字形の保持爪 1 4 1 7 がそれぞれ 2 個ずつ設けられている。該保持爪 1 4 1 7 は、第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 と同じ材料である鉄や、導電性樹脂にて作製され、バンパ形成前ウエハ 2 0 1 と直接に接触する部分には、図 6 に示すように、緩衝材として導電性樹脂膜 1 4 1 7 1 を取り付けるのが好ましい。尚、第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 並びに保持爪 1 4 1 7 を鉄又は導電性材料にて作製するのは、保持するバンパ形成前ウエハ 2 0 1 の裏面 2 0 1 b の帯電をアース可能にするためである。

一方、図 6 6 に示すように、上記保持爪 1 4 1 7 に対応する保持爪 1 4 1 7 2 を例えばデュポン社製の商品名ベスペルのような断熱部材にて作製することで、ウエハ保持部 1 4 1 1、1 4 2 1 における温度変化を小さくすることができ、バンパ形成前ウエハ 2 0 1 及び後述のバンパ形成後ウエハ 2 0 2 に対して

温度変化を生じさせにくくなる。よってバンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 における割れ等の損傷防止を図ることができる。尚、図 66 に示す構造の場合、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 と、保持爪 14172 との接触部分には、導電性材料 14173 を設け、バ  
5    ンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 における電荷の第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 へのアースを行う。又、ウエハ保持部 1411、1421 における第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 等の外面には、以下に記すように、絶縁材料 14174 にてコーティングを施す。

10    バンプ形成前ウエハ 201 及び後述のバンプ形成後ウエハ 202 から、より効率的に除電を行うため、後述するように、イオン発生装置 190 を設けるのが好ましい。該イオン発生装置 190 を設けたとき、イオン発生装置 190 から発生したイオンが、鉄又は導電性材料にて作製されている第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 並びに保持爪 1417 にアースされてしまい、  
15    バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 に効果的に作用しなくなる場合も考えられる。よって、上記イオンのアースを防ぎ上記イオンをバンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 に効果的に作用させるため、少なくとも、イオン発生装置 190 から発生したイオンが作用する箇所に、好ましくは第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 並びに保持爪  
20    1417 の外面全面に、図 66 に示すように絶縁材料にてコーティングを施すのが好ましい。

除電用部材 1416 には、当該ウエハ保持部 1411 にて保持されるバンプ形成前ウエハ 201 の表面 201a における周縁部分 201c に接触可能なように、本実施形態ではウエハ 201 の直径方向に沿った 2 箇所にてウエハ 201 の厚み方向に突出して除電用接触部材 14161 が設けられている。除電用  
25    接触部材 14161 は、図 7 に示すように除電用部材 1416 に対して摺動可能に貫通して取り付けられ、除電用接触部材 14161 の軸方向にスプリング 14162 にて付勢されている。又、除電用接触部材 14161 におけるウエ

ハ接触端部には、緩衝材として導電性樹脂 1 4 1 6 3 が設けられている。

このような除電用接触部材 1 4 1 6 1 は、上記導電性樹脂 1 4 1 6 3 がバン  
プ形成前ウエハ 2 0 1 の表面 2 0 1 a に接触することで、該表面 2 0 1 a に  
おける帯電をアースする。又、保持爪 1 4 1 7 にてバンパ形成前ウエハ 2 0 1 が  
5 保持される前の状態では、除電用接触部材 1 4 1 6 1 は、バンパ形成前ウエハ  
2 0 1 の厚み方向において、保持爪 1 4 1 7 と同レベルもしくは保持爪 1 4 1  
7 を超えて突出している。該構成により、当該ウエハ保持部 1 4 1 1 がバンパ  
形成前ウエハ 2 0 1 を保持しようとするとき、保持爪 1 4 1 7 がバンパ形成前  
ウエハ 2 0 1 に接触する前に除電用接触部材 1 4 1 6 1 がバンパ形成前ウエハ  
10 2 0 1 の表面 2 0 1 a に接触可能となる。よって、まず、上記表面 2 0 1 a の  
除電を行うことができる。

又、除電用接触部材 1 4 1 6 1 に直接、アース線を接続する構成を採ること  
もできる。又、除電用部材 1 4 1 6 に除電用接触部材 1 4 1 6 1 を取り付ける  
構造に限定されるものではなく、例えば図 8 に示すように、保持爪 1 4 1 7 が  
15 設けられる第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 に、金属の又は導  
電性の材料にてなり上記表面 2 0 1 a に接触可能な板バネ 1 4 1 6 4 を取り付  
ける構成を採ることもできる。

一方、ウエハ 2 0 1、2 0 2 において、除電用接触部材 1 4 1 6 1 が接触す  
る、ウエハ 2 0 1、2 0 2 の表面 2 0 1 a の周縁部分 2 0 1 c には、表面 2 0  
20 1 a の帯電を効率的に除去可能なように、図 9 に示すようにアルミニウム膜 2  
0 3 が全周にわたり形成されたウエハも存在する。このようなウエハの場合に  
は、除電用接触部材 1 4 1 6 1 がアルミニウム膜 2 0 3 に接触することで効果  
的に表面 2 0 1 a の除電を行うことができる。又、図 1 0 に示すように、上記  
周縁部分 2 0 1 c にて、3 箇所以上の箇所に除電用接触部材 1 4 1 6 1 を配置  
25 するように構成することもできる。さらに、ウエハの中央部分からも除電が行  
えるように、図 1 0 に示すように、ウエハの中央部分に除電用接触部材 1 4 1  
6 1 が接触しても支障の生じないダミーセル 1 4 1 6 5 を形成しておき、該ダ  
ミーセル 1 4 1 6 5 に対応する位置に除電用接触部材 1 4 1 6 1 を配置し、ダ



ミーセル 1 4 1 6 5 に収集される電荷を効率的に取り除くこともできる。尚、上述のような除電用接触部材 1 4 1 6 1 の数を増加させ、又はその接触面積を大きくすることにより、除電性能を向上させることもできる。

さらに又、図 6 9 に示すように、例えば上記 SAW フィルタを形成した回路形成部分 2 1 1 をウエハから切り出すためのダイシングライン 2 1 2 に、電荷除去用領域に相当し導体にてなる上記ダミーセル 1 4 1 6 5 を接続するように構成することもできる。ここで上記ダイシングライン 2 1 2 は、上記アルミニウム膜 2 0 3 にまで延在している。発生する電荷はウエハの上記表面 2 0 1 a に蓄積されるので、上記構成を採ることで、上述のように除電用接触部材 1 4 1 6 1 がアルミニウム膜 2 0 3 に接触することで、ダミーセル 1 4 1 6 5 上の電荷もダイシングライン 2 1 2 及びアルミニウム膜 2 0 3 を通して除電され、効果的に表面 2 0 1 a の除電を行うことができる。勿論、上述のように除電用接触部材 1 4 1 6 1 をダミーセル 1 4 1 6 5 に直接接触させることで、表面 2 0 1 a の除電を行ってもよい。

図 1 0 及び図 6 9 に示すいずれの構造においても、上記ダミーセル 1 4 1 6 5 のウエハ上での形成位置は、上述のように除電用接触部材 1 4 1 6 1 に対応して決定することができるが、これに限定されるものではない。例えば焦電破壊等により損傷が生じ易い、ウエハ上の損傷発生場所にダミーセル 1 4 1 6 5 を形成してもよく、このような構造は除電効果及び歩留りの点から効果的である。尚、この場合、上記損傷発生場所に形成したダミーセル 1 4 1 6 5 に対応するように、除電用接触部材 1 4 1 6 1 は配置される。

又、図 6 9 に示す構造では、ダミーセル 1 4 1 6 5 は、ほぼ一つの回路形成部分 2 1 1 を占めるような大きさの四角形状にて形成したが、ダミーセル 1 4 1 6 5 の面積はこれに限定されるものではない。さらに、ダミーセル 1 4 1 6 5 の形状も上記四角形状に限定されるものではなく、例えば図 7 0 に示すダミーセル 1 4 1 6 5 - 1 のように、例えば一つの回路形成部分 2 1 1 を取り囲んだ枠形状であってもよい。

又、上記表面 2 0 1 a の除電方法も上述の除電用接触部材 1 4 1 6 1 の接触

による方法に限定されず、例えば上記イオン発生装置 190 を除電用接触部材 14161 に代えて、又は除電用接触部材 14161 と併用しても良い。

又、図 69 の構成では、ダミーセル 14165 を設け該ダミーセル 14165 をダイシングライン 212 に接続しているが、ダミーセル 14165 を設けず、単に、アルミニウム膜 203 にまで延在しているダイシングライン 212 を設けた構造でもよい。上述のダミーセル 14165 を設けた構造に比べると除電効率、除電効果は劣るが、該構造であっても、ダイシングライン 212 を通してアルミニウム膜 203 から電荷を除去でき、上記表面 201a の除電を行うことができる。

後述の動作説明にて述べるが、例えば  $\text{LiTaO}_3$  や  $\text{LiNbO}_3$  等の化合物半導体ウエハの場合のように、処理する電荷発生半導体基板によっては、図 12 に示すように、該基板に生じる温度差により該基板に反りが生じる場合がある。尚、上記反り量として、図 12 に示す寸法 I は、厚み 0.35 mm、直径 76 mm の、 $\text{LiTaO}_3$  ウエハの場合で 1~1.5 mm、 $\text{LiNbO}_3$  の場合で 1.5~2 mm となる。

一方、除電用接触部材 14161 は、電荷発生半導体基板において上記反り量が大きくなる周縁部分に対応するように配置されている。又、上述したような、除電用部材 1416 への除電用接触部材 14161 の取り付け構造では、図 7 に示すように、除電用接触部材 14161 は、除電用接触部材 14161 の軸方向にのみ移動可能であるので、電荷発生半導体基板の上記反りに対応して揺動する、つまり反った面に対してほぼ直交して除電用接触部材が延在するように除電用接触部材自体が傾くことはできない。よって、反りが生じた電荷発生半導体基板に対して除電用接触部材 14161 が接触したとき、反っていない状態の電荷発生半導体基板の厚み方向に沿って延在しかつ移動可能な除電用接触部材 14161 から上記電荷発生半導体基板へ不要な力が作用し、電荷発生半導体基板が割れたり欠けたりして損傷する場合も考えられる。したがって、除電用部材 1416 への除電用接触部材 14161 の取り付け構造及びその関連部分は、図 13~図 21、図 65 に示す以下のような構造等が好ましい。

尚、取り付け構造及びその関連部分の変更に伴い除電用部材 1 4 1 6 にも構造変更が生じるので、厳格には除電用部材の符号変更が必要であるが、説明の便宜上、「1 4 1 6」をそのまま付すこととする。

図 1 3 に示す除電用接触部材の取り付け構造の一変形例では、除電用部材 1 4 1 6 にすり鉢状の穴 1 4 1 6 6 を設け、該穴 1 4 1 6 6 に線径 1.5 ~ 2 mm 程度の導電性の、例えば金属の棒材にてなる除電用接触部材 1 4 1 0 0 を挿通し、スプリング 1 4 1 6 2 にて除電用接触部材 1 4 1 0 0 の軸方向に除電用接触部材 1 4 1 0 0 を付勢している。該付勢力は、本実施形態では、一つの除電用接触部材 1 4 1 0 0 当たり約  $4.9 \sim 9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$  としている。又、電荷発生半導体基板に接触する除電用接触部材 1 4 1 0 0 の一端における角部 1 4 1 0 1 は、上記反りを生じた電荷発生半導体基板の曲率に応じて除電用接触部材 1 4 1 0 0 が矢印 1 4 1 1 0 方向に揺動しやすいように、例えば面取りや円弧状に整形してもよいし、除電用接触部材 1 4 1 0 0 の一端に、図 1 4 に示すように例えば直径 5 mm 程度の導電性の、例えば金属の球 1 4 1 0 5 や、図 2 1 に示すような円筒 1 4 1 0 6 を取り付けても良いし、又、上記一端を図 6 5 に示すように半球状に整形してもよい。尚、揺動する除電用接触部材 1 4 1 0 0 の軌跡を含む平面と電荷発生半導体基板の直径方向とが平行になるように、除電用接触部材 1 4 1 0 0 は上記矢印 1 4 1 1 0 方向に揺動する。上記円筒 1 4 1 0 6 を取り付ける場合には、該円筒 1 4 1 0 6 の軸方向が電荷発生半導体基板の直径方向及び厚み方向に直交する方向に沿うように円筒 1 4 1 0 6 を配置する。又、本実施形態では、除電用接触部材 1 4 1 0 0 の他端に、直接、アース線 1 4 1 0 9 を接続する構成を採っている。

このような構造を採ることで、除電用接触部材 1 4 1 0 0 は、すり鉢状の穴 1 4 1 6 6 の小径部分を支点として首を振ることができるので、反りを生じた電荷発生半導体基板の曲率に応じて、除電用接触部材 1 4 1 0 0 は矢印 1 4 1 1 0 方向に揺動可能であり、電荷発生半導体基板の損傷を防止することができる。

他の変形例として、図 1 4 に示す構造を採ることもできる。該構造では、図

15に示すように、除電用部材1416に形成した取付穴14102内に、2つのローラ14103を適宜な間隔にて配置して、ピン14104にて回転可能に除電用部材1416へ取り付け、上記2つのローラ14103にて矢印14110方向に揺動可能なように除電用接触部材14107が設けられる。除電用接触部材14107の他端部には、図16に示すように、回転可能に支持されたローラ14108を有し、除電用接触部材14107の一端には上記球14105が取り付けられる。このような除電用接触部材14107は、スプリング14162にて軸方向に付勢されて除電用部材1416に取り付けられる。よって、除電用接触部材14107のローラ14108は、除電用部材1416の2つのローラ14103にて両側から回転可能に支持されるので、除電用接触部材14107は矢印14110方向に揺動可能であり、電荷発生半導体基板の損傷を防止することができる。

さらに他の変形例として、図17に示す構造を採用することもできる。該構造は、図14に示す構造を発展させたもので、除電用部材1416に十字状にて4つのローラ14111を回転可能に設け、一方、他端に球14112を設けた除電用接触部材14113を、上記球14112が上記4つのローラ14111の中央部に位置するようにして除電用部材1416に取り付ける。尚、球14112はスプリング14162により4つのローラ14111に付勢されている。又、アース線は、図20に示すような形態にて上記球14112に取り付けてもよいし、除電用部材1416に取り付けるようにしてもよい。このような構造をとることで、除電用接触部材14113は、上記矢印14110方向のみならず、該矢印14110方向に直交する矢印14114方向にも滑らかに回転可能となり、電荷発生半導体基板の損傷を防止することができる。

さらに他の変形例として、図18～図20に示す構造を採用することもできる。該構造では、除電用部材1416にはすり鉢状の穴14166を設け、一方、他端に球14115を設けた除電用接触部材14116が、上記球14115を上記穴14166に回転可能な状態にて支持させて、除電用部材1416に取り付けられる。球14115は、スプリング14162にて穴14166の

壁面に付勢されている。又、球 1 4 1 1 5 には、除電用部材 1 4 1 6 との間にアース線 1 4 1 1 9 を接続した集電部材 1 4 1 1 7 がスプリング 1 4 1 1 8 にて押圧されている。よって、電荷発生半導体基板の電荷は、除電用接触部材 1 4 1 1 6、集電部材 1 4 1 1 7、アース線 1 4 1 1 9 を通り、除電用部材 1 4 1 1 6 に取り付けしたアース線 1 4 1 0 9 へ流れる。このような構造をとることで、除電用接触部材 1 4 1 1 6 は、図 1 8 に示す取付状態に対していずれの方向にも回転することができ、電荷発生半導体基板の損傷を防止することができる。

又、図 1 8 に示す取付け構造の変形例として、図 1 9 に示すようにスプリング 1 4 1 6 2 を除いた、除電用接触部材 1 4 1 2 0 を用いた構造とすることもできる。この場合、図 1 8 に示す構造に比べてコスト低減、組み立て容易の効果に加えて、さらに以下の効果が得られる。つまり、球 1 4 1 0 5 の重量により、例えば  $19.6 \times 10^{-3} \text{ N}$  程度の微小な力にて電荷発生半導体基板に接触可能となる。よって、例えば 0.1 mm 程度の厚みにてなる薄い電荷発生半導体基板に対しても割れ等の損傷を与えないようにすることができる。

又、図 2 0 に示すように、集電部材 1 4 1 1 7 及びスプリング 1 4 1 1 8 を削除し、球 1 4 1 1 5 に直接、アース線 1 4 1 0 9 を取り付けした、除電用接触部材 1 4 1 2 1 を用いた構造を採ることもできる。この場合、図 1 8 に示す構造に比べて部品点数を削減でき構造を単純化できるので、コスト削減を図ることができる。

さらに他の変形例として、図 6 5 に示す構造を採ることもできる。上述の図 1 3 から図 2 0 に示す構造では、除電用接触部材が揺動可能なように構成したが、図 6 5 に示す除電用接触部材 1 4 1 2 2 では、除電用部材 1 4 1 6 における除電用接触部材 1 4 1 2 2 の支持部分にリニアガイドベアリング 1 4 1 2 3 を設けている。よって、図 6 5 に示す構造では、除電用接触部材 1 4 1 2 2 の軸方向への移動は、図 7 に示す構造における除電用接触部材 1 4 1 6 1 の軸方向への移動に比べて非常に滑らかになる。したがって、図 6 5 に示す構造では、除電用接触部材 1 4 1 2 2 が揺動しない構造ではあるが、上述のような反りを生じる電荷発生半導体基板に対して除電用接触部材 1 4 1 2 2 の半球状の一端

が接触したとき、除電用接触部材 1 4 1 2 2 はその軸方向に滑らかに移動するので、反りを生じる電荷発生半導体基板に対しても割れ等の損傷を与えないようにすることができる。

上記除電用接触部材 1 4 1 2 2 において、リニアガイドベアリング 1 4 1 2 3 を嵌合している支持部材 1 4 1 2 4 は鉄製でも良いが、上記ベスペルのような断熱材料にて作製するのがより好ましい。例えば上記ベスペルにて作製した支持部材 1 4 1 2 4 は、鉄にて作製した場合に比べて、熱伝導率にて約  $1/84$  となる。よって、断熱材料にてなる支持部材 1 4 1 2 4 を設けることで、除電用接触部材 1 4 1 2 2 が電荷発生半導体基板に接触して電荷発生半導体基板を急激に冷却するのを防止でき、電荷発生半導体基板への熱ダメージを防止することができる。

又、上記除電用接触部材 1 4 1 2 2 の変形例として、図 6 7 に示すように、スプリング 1 4 1 6 2 に代えて重り 1 4 1 2 6 を設けた除電用接触部材 1 4 1 2 5 を構成することもできる。スプリング 1 4 1 6 2 を使用した場合、スプリング 1 4 1 6 2 の縮み量、つまり除電用接触部材の軸方向への移動量により電荷発生半導体基板への除電用接触部材の押圧力が変化するが、重り 1 4 1 2 6 を使用することで、除電用接触部材の上記移動量に関係なく一定の押圧力を電荷発生半導体基板へ作用させることができるという効果がある。

尚、上述の、図 1 3、図 1 4、図 1 7、図 1 8、図 2 0 に示す各除電用接触部材においても、スプリング 1 4 1 6 2 に代えて重り 1 4 1 2 6 を設ける構造とすることができ、又、図 1 9 に示す除電用接触部材 1 4 1 2 0 においても、重り 1 4 1 2 6 を設ける構造とすることができる。

上記プリヒート装置 1 6 0 は、図 2 2 ～図 2 4 に示すように、搬入装置 1 3 1 からウエハ保持部 1 4 1 1 にて保持したバンプ形成前ウエハ 2 0 1 を載置して、室温から、ボンディングステージ 1 1 0 にてバンプ形成を行うときの上記バンプボンディング用温度である約  $210^{\circ}\text{C}$  付近まで昇温する装置であり、加熱部としてのパネルヒータ 1 6 1 を有するパネルヒータ枠 1 6 2 上に熱拡散部材としての、本実施形態では 6 mm 厚のアルミニウム板 1 6 3 を載置している。

アルミニウム板 1 6 3 のウエハ載置面 1 6 3 a には、図 6 8 に示すように金属メッキ、本実施形態では銀メッキ 2 6 1 を施している。銀メッキを施すことで、アルミニウム板 1 6 3 とバンプ形成前ウエハ 2 0 1 との間の熱伝導率が良くなり、又、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の除電効果も高くなる。パネルヒータ 1 6 1 による昇温動作は、アルミニウム板 1 6 3 の温度を測定する例えば熱電対のような温度センサ 1 6 6 からの温度情報を参照しながら制御装置 1 8 0 にて制御される。尚、上記熱拡散部材 1 6 3 の材質は、上述のアルミニウムに限定されるものではなく、熱伝導率が良好な材質でバンプ形成前ウエハ 2 0 1 と化学的反応を起こさない材質、例えばジュラルミン等でもよい。

本実施形態では、上記搬入側移載装置 1 4 1 及び搬出側移載装置 1 4 2 は、いずれもウエハ保持部 1 4 1 1 及びウエハ保持部 1 4 2 1 を、これらが保持しているバンプ形成前ウエハ 2 0 1 及びバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の厚み方向へ移動させる機構を設けていない。よって、プリヒート装置 1 6 0 は、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 を上記アルミニウム板 1 6 3 上に載置するため、パネルヒータ 1 6 1 を有するパネルヒータ枠 1 6 2 及びアルミニウム板 1 6 3 を上記厚み方向へ図 2 3 に示す下降位置 1 6 7 と図 2 4 に示す上昇位置 1 6 8 との間にて昇降させる昇降機構を備える。該昇降機構は、上記厚み方向への昇降動作をするための駆動源としてのエアーシリンダ 1 6 0 1 と、該エアーシリンダ 1 6 0 1 にて昇降される T 字形の支持部材 1 6 0 2 と、該支持部材 1 6 0 2 に立設されパネルヒータ枠 1 6 2 及びアルミニウム板 1 6 3 を支持する 2 本の支持棒 1 6 0 3 とを備える。尚、上記エアーシリンダ 1 6 0 1 は、制御装置 1 8 0 にて動作制御されるシリンダ駆動装置 1 6 0 4 にて動作される。又、本実施形態では、後述するようにエアーシリンダ 1 6 0 1 による昇降動作により、パネルヒータ枠 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とは分離しアルミニウム板 1 6 3 の冷却を促進させることから、上記シリンダ駆動装置 1 6 0 4 及び上記エアーシリンダ 1 6 0 1 は分離装置としての機能を有する。

本実施形態では、図示するように支持棒 1 6 0 3 はパネルヒータ枠 1 6 2 を貫通し、その先端部がアルミニウム板 1 6 3 に挿入されている。支持棒 1 6 0

3が貫通された状態においてパネルヒータ枠162は支持棒1603の軸方向に滑動可能であり、支持棒1603の先端部にてアルミニウム板163は支持棒1603に固定される。さらに、パネルヒータ枠162は付勢手段の一例であるスプリング1605にてアルミニウム板163へ押圧されている。よって、

5 エアーシリンダ1601が動作することで、図23に示すように下降位置167からパネルヒータ枠162とアルミニウム板163とは一体的に昇降するが、上昇時、接触位置に設けられているストッパー1606にパネルヒータ枠162が当接した後は、図24に示すようにストッパー1606にてパネルヒータ枠162の上昇が停止されるので、アルミニウム板163のみが上昇し、パネ

10 ルヒータ枠162とアルミニウム板163との分離が行われる。そしてアルミニウム板163が上昇位置168まで上昇する。本実施形態では、分離完了時におけるパネルヒータ枠162とアルミニウム板163との隙間は、約2～4mmである。該分離後における降下時には、上記上昇位置168から上記ストッパー1606を設けている上記接触位置まではアルミニウム板163のみが

15 下降し、上記接触位置からはパネルヒータ枠162とアルミニウム板163とが一体的に上記下降位置167まで下降する。

プリヒート後、次の新たなバンプ形成前ウエハ201を載置するに当たりアルミニウム板163の温度を約40℃まで下げる必要があるが、上述のように、

20 パネルヒータ枠162とアルミニウム板163とを分離可能な構造にすることで、従来に比べてアルミニウム板163の冷却速度を向上させることができ、タクトの短縮を図ることができる。又、量産前に行う試作段階のときや、同種類のウエハについて1，2枚程度しかバンプ形成を行わないときに、上記分離構造を採ることで上記冷却速度の向上を図れるのでタクト上、特に有効となる。

さらに、アルミニウム板163の温度が下がった時点でパネルヒータ枠162とアルミニウム板163とを合体させればよく、パネルヒータ枠162が上記約40℃まで下がるのを待つ必要はないことから、パネルヒータ枠162における温度差は従来に比べて小さくなる。したがって、パネルヒーター161の負荷を低減できることから、従来に比べてパネルヒーター161の寿命を長

25



くすることもできる。

尚、上述のように本実施形態ではパネルヒータ枠 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とは分離可能な構造としたが、簡易型としてパネルヒータ枠 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とは分離せず常に一体にて昇降するように構成することもできる。

又、上述のように 2 本の支持棒 1 6 0 3 にてパネルヒータ枠 1 6 2 及びアルミニウム板 1 6 3 を支持しているので、パネルヒータ枠 1 6 2 からの熱が支持部材 1 6 0 2 やエアーシリンダ 1 6 0 1 等へ伝わりにくい。よって、パネルヒータ枠 1 6 2 からの熱は、ほとんどアルミニウム板 1 6 3 へ伝導させることができるので、アルミニウム板 1 6 3 における温度分布をほぼ均一にすることができ、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の全体を均一に加熱することができる。さらに又、連続運転しても、支持部材 1 6 0 2 等が熱を帯びることもない。

アルミニウム板 1 6 3 のウエハ載置面 1 6 3 a には、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の移載時に上記ウエハ保持部 1 4 1 1 に備わる保持爪 1 4 1 7 が進入するための逃がし溝 1 6 0 7、及び空気出入孔 1 6 0 8 が形成されている。空気出入孔 1 6 0 8 は、図 2 5 に示すように、アルミニウム板 1 6 3 内に形成されたブロー吸引用通路 1 6 0 9 に連通しており、後述の動作説明でも述べるが、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 を搬送するときにはバンプ形成前ウエハ 2 0 1 とウエハ載置面 1 6 3 a とを分離させたり、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の裏面の帯電を除去したりするときには空気を噴出するための孔であり、又は本実施形態では基本的には行わないがバンプ形成前ウエハ 2 0 1 をウエハ載置面 1 6 3 a に吸着保持させるときの空気吸引用の孔である。尚、上記ブロー吸引用通路 1 6 0 9 は、図 2 2 に示すように、制御装置 1 8 0 にて動作制御されるブロー吸引装置 1 6 1 1 に連結管 1 6 1 0 を介して接続される。又、本実施形態では、噴出する気体として上述のように空気を用いているが、他の気体を用いても良い。又、上記ブロー吸引装置 1 6 1 1 は、後述の反り矯正動作及び除電動作の際にて気体を供給する気体供給装置としての機能を果たす一例に相当する。

さらにアルミニウム板 1 6 3 内には、アルミニウム板 1 6 3 を冷却するため

の冷媒用通路 1 6 1 2 が形成されている。本実施形態では、冷媒として常温の空気を使用するが、他の気体や水等を使用してもよい。冷媒用通路 1 6 1 2 は、図 2 2 に示すように、制御装置 1 8 0 にて動作制御される冷却空気供給装置 1 6 1 3 に連結管 1 6 1 4 を介して接続されている。尚、冷媒用通路 1 6 1 2 に供給された冷却用空気は、図示する矢印に従って該冷媒用通路 1 6 1 2 を流れ、連結管 1 6 1 5 を通って排気される。

本実施形態では図 2 5 に示すように、ブロー吸引用通路 1 6 0 9 及び冷媒用通路 1 6 1 2 は、ドリル等にてアルミニウム板 1 6 3 内に穴をあけて、斜線にて図示するように止め栓を施して形成したが、ブロー吸引用通路 1 6 0 9 及び冷媒用通路 1 6 1 2 の形成方法は、公知の手法を採ることができ、例えば図 2 6 に示すように、アルミニウム板 1 6 3 の裏面に溝を掘って形成することもできる。但しこの場合には、アルミニウム板 1 6 3 とパネルヒータ枠 1 6 2 との間に冷媒の漏れを防止するためのシール板を設ける必要がある。

上記ポストヒート装置 1 7 0 は、バンプ形成後、ボンディングステージ 1 1 0 からウエハ保持部 1 4 2 1 にて保持したバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を載置して、上記バンプボンディング用温度の約 2 1 0 °C 付近から室温付近まで徐々に降温するための装置であり、構造的には上述のプリヒート装置 1 6 0 と同様の構造を有し、本実施形態ではパネルヒータ枠とアルミニウム板とは分離する構造である。つまり、上述したプリヒート装置 1 6 0 の各構成部分に対応して、ポストヒート装置 1 7 0 においても、パネルヒータ 1 7 1、パネルヒータ枠 1 7 2、アルミニウム板 1 7 3、温度センサ 1 7 6、エアーシリンダ 1 7 0 1、支持部材 1 7 0 2、支持棒 1 7 0 3、シリンダ駆動装置 1 7 0 4、スプリング 1 7 0 5、ストッパー 1 7 0 6、逃がし溝 1 7 0 7、空気出入孔 1 7 0 8、ブロー吸引用通路 1 7 0 9、連結管 1 7 1 0、ブロー吸引装置 1 7 1 1、冷媒用通路 1 7 1 2、冷却空気供給装置 1 7 1 3、連結管 1 7 1 4、1 7 1 5 を有する。よって、図 2 2 ~ 図 2 6 には、プリヒート装置 1 6 0 及びポストヒート装置 1 7 0 の両者における符号を記している。但し、パネルヒータ 1 7 1 は、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 の降温を制御するために制御装置 1 8 0 にて動作制御

される。尚、アルミニウム板 173 のウエハ載置面 173a には、アルミニウム板 163 の場合と同様に、図 68 に示すように金属メッキ、本実施形態では銀メッキ 261 を施している。銀メッキを施すことで、アルミニウム板 173 とバンプ形成後ウエハ 202 との間の熱伝導率が良くなり、又、バンプ形成後ウエハ 202 の除電効果も高くなる。

又、ポストヒート装置 170 における動作は、上述したプリヒート装置 160 における動作に類似し、プリヒート装置 160 におけるプリヒートに関する動作説明をポストヒートの動作説明に読み替えることで理解可能である。よってここでの詳しい説明は省略する。

上記昇降装置 150 は、上記第 1 収納容器 205 を載置する第 1 昇降装置 151 と、上記第 2 収納容器 206 を載置する第 2 昇降装置 152 とを備える。第 1 昇降装置 151 は、上記バンプ形成前ウエハ 201 が上記搬入装置 131 によって取り出し可能な位置に配置されるように、上記第 1 収納容器 205 を昇降する。第 2 昇降装置 152 は、上記搬出装置 132 にて保持されているバンプ形成後ウエハ 202 を第 2 収納容器 206 内の所定位置へ収納可能なように、第 2 収納容器 206 を昇降する。

以上説明したような構成を有する本実施形態のバンプ形成装置 101 における動作について以下に説明する。上述した各構成部分は制御装置 180 にて動作制御がなされることで、バンプ形成前ウエハ 201 にバンプが形成され、そしてバンプ形成後ウエハ 202 が第 2 収納容器 206 へ収納される、という一連の動作が実行される。又、制御装置 180 は、バンプ形成後ウエハ 202 をポストヒート装置 170 のアルミニウム板 173 に接触させた状態にてポストヒート動作を制御し、さらには、ポストヒート装置 170 にて実行可能なバンプ形成後ウエハ 202 に対する除電用ブロー動作や反り矯正用ブロー動作を制御することもできる。さらに又、バンプ形成前ウエハ 201 をプリヒート装置 160 のアルミニウム板 163 に接触させた状態にてプリヒート動作を制御し、プリヒート装置 160 にて実行可能なバンプ形成前ウエハ 201 に対する除電用ブロー動作や反り矯正用ブロー動作を制御することもできる。又、ボンディ

ングステージ110にて実行するバンプ形成前ウエハ201の反り矯正用ブロー動作を制御する。

これらの各動作については以下に詳しく説明する。尚、以下の説明において、ウエハ保持部1411、1421に備わる除電用接触部材は、上述した反りを生じる電荷発生半導体基板等、いずれのウエハ、基板に対しても適用可能な、  
5 図13に示す除電用接触部材14100を例に採る。該除電用接触部材14100に代えて、上述の除電用接触部材14107、14113、14116、14120、14121を使用することもできる。

本実施形態のバンプ形成装置101では、図27に示すステップ（図内では「S」にて示す）1からステップ10までの各工程により、バンプ形成前ウエハ201にバンプが形成され、バンプ形成後ウエハ202が第2収納容器206へ収納される。即ち、ステップ1では、第1収納容器205からバンプ形成前ウエハ201が搬入装置131によって取り出し可能な位置に配置されるように、第1昇降装置151により第1収納容器205が昇降し、その後、バンプ形成前ウエハ201が搬入装置131によって第1収納容器205から取り出される。さらに、搬入装置131にて保持されたバンプ形成前ウエハ201は、オリフラ合わせ装置133にてオリエンテーションフラットの配向が行われる。  
10  
15

オリエンテーションフラットの配向終了後、ステップ2では、搬入装置131の保持台1311に保持されているバンプ形成前ウエハ201が搬入側移載装置141にて挟持される。該動作について図28～図31を参照して詳しく説明する。  
20

図28に示すように、上記配向後、オリフラ合わせ装置133の保持部1333が上昇し保持台1311からバンプ形成前ウエハ201を吸着保持し上昇する。一方、ウエハ保持部1411がバンプ形成前ウエハ201の上方に配置され、かつ駆動部1412にて第1保持部材1414及び第2保持部材1415がX方向に沿って開く方向に移動する。次に、図29に示すように、保持部1333が上昇し、それによりまず、ウエハ保持部1411の除電用接触部材  
25

14100の先端がバンプ形成前ウエハ201の表面201aに接触する。よって、除電用接触部材14100の接触直前において上記表面201aが帯電していたとしても、除電用接触部材14100の接触により除電が行われる。

尚、本実施形態で使用しているバンプ形成前ウエハ201、バンプ形成後ウエハ202は、上述のように、帯電し難いが、一旦帯電すると除電し難いという特質を持っている。よって、除電用接触部材14100の接触によっても表面201aの完全な除電は困難であり、表面201aには約+10V～約+25V程度の初期電荷が存在する。ここで、+は正の電荷であることを示す。

そして、図30に示すように、駆動部1412にて第1保持部材1414及び第2保持部材1415がX方向に沿って閉じる方向に移動する。

次に、図31に示すように、上記保持台1311が下降し、バンプ形成前ウエハ201はウエハ保持部1411の保持爪1417にて保持される。このとき、除電用接触部材14100部分に設けたスプリング14162による付勢力によりバンプ形成前ウエハ201は保持爪1417へ押圧される。尚、該押圧力は、ウエハ保持部1411によるバンプ形成前ウエハ201の搬送時に落下等の不具合を生じさせない程度であり、バンプ形成前ウエハ201に変形を生じさせるものではない。

又、バンプ形成前ウエハ201の裏面201bと保持爪1417とが接触することで、上記裏面201bにおける電荷の一部はアースされる。しかしながら、上述のように上記裏面201bに形成されている溝14内の電荷を除電するのは、当該バンプ形成装置101の構成では困難であり、上述の表面201aの場合と同様に、裏面201bにも約-20V～約-30V程度の初期電荷が存在する。ここで-は、負の電荷であることを示す。尚、後述の変形例にて説明するように、さらにイオン発生装置を用いて除電することでより効率的に除電が可能となる。

次のステップ3では、図2に示すように、バンプ形成前ウエハ201を保持した状態にてウエハ保持部1411が移動装置1413にてプリヒート装置160の上方に搬送され配置される。

一方、図 22 に示すように本実施形態では、プリヒート装置 160 はパネルヒータ枠 162 とアルミニウム板 163 とは分離可能な構造である。よって、アルミニウム板 163 が常温以上の温度にあるときには、バンプ形成前ウエハ 201 がプリヒート装置 160 の上方に搬送されてくる前に、図 32 に示すステップ 510 ～ 515 が実行されアルミニウム板 163 の冷却が行われる。これらステップ 510 ～ 515 については、図 40 を参照して後述する。

アルミニウム板 163 が所定温度、本実施形態では約 40℃ まで冷却された時点でアルミニウム板 163 は上記下降位置 167 まで下がる。そして、次のステップ 303 にて、図 33 に示すように、バンプ形成前ウエハ 201 を保持した状態にてウエハ保持部 1411 が移動装置 1413 にてプリヒート装置 160 の上方に搬送され配置される。

次のステップ 304 にて、再度、アルミニウム板 163 を上昇位置 168 まで上昇させる。このとき、ウエハ保持部 1411 に備わる保持爪 1417 は、図 34 に示すように、アルミニウム板 163 に形成されている上記逃がし溝 1607 内に進入する。よって、ウエハ保持部 1411 に保持されているバンプ形成前ウエハ 201 は、アルミニウム板 163 上に載置される。尚、上述したように本実施形態では搬入側移載装置 141 及び搬出側移載装置 142 には昇降機構を設けていないので、プリヒート装置 160 へのバンプ形成前ウエハ 201 の搬入動作及びアルミニウム板 163 への載置動作を行うために、アルミニウム板 163 の昇降を行う必要がある。

次のステップ 305 では、図 35 に示すように、搬入側移載装置 141 の第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 を開き、次のステップ 306 にて、図 36 に示すように、アルミニウム板 163 を上記下降位置 167 まで下げる。そして、ステップ 4 へ移行してプリヒート動作を開始する。

又、上述したようにプリヒート装置 160 の変形例として、パネルヒータ枠 162 とアルミニウム板 163 とは分離せず常に一体として昇降する構成を採ったときには、プリヒート装置 160 へのバンプ形成前ウエハ 201 の搬入動作は図 37 に示すステップ 311 ～ 316 の動作となる。該動作について説明

する。尚、該説明において、分離不可能なパネルヒータ枠 1 6 2 及びアルミニウム板 1 6 3 を総称してプリヒートステージと記す。

ステップ 3 1 1 では、ウエハ保持部 1 4 1 1 に保持されているバンプ形成前ウエハ 2 0 1 が上記プリヒートステージの上方に搬入される。次のステップ 3 1 2 では、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の温度を安定させるため、上記プリヒートステージの上方にて、例えば 3 0 秒から 2 分の間、搬入状態が維持される。次のステップ 3 1 3 にて、上記プリヒートステージを上記上昇位置 1 6 8 まで上昇させる。次のステップ 3 1 4 では、搬入側移載装置 1 4 1 の第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 を開く。次のステップ 3 1 5 では、パネルヒータ枠 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とが分離しない構造に起因する、当該変形例特有の動作が行われる。即ち、後述のプリヒート動作終了後、搬入側移載装置 1 4 1 にてバンプ形成前ウエハ 2 0 1 を上記プリヒートステージからボンディングステージ 1 1 0 上へ移載するが、その際、上記保持爪 1 4 1 7 とプリヒートされたバンプ形成前ウエハ 2 0 1 との温度差が大きいとバンプ形成前ウエハ 2 0 1 は局所的に冷やされ不具合を生じることとも考えられる。よってステップ 3 1 5 にて保持爪 1 4 1 7 を加熱するか否かを判断し、加熱する場合には、上昇位置 1 6 8 にプリヒートステージを上昇させた状態にてプリヒート動作を開始する。該動作により、保持爪 1 4 1 7 は、逃がし溝 1 6 0 7 に進入した状態であり上記プリヒートステージの加熱により保持爪 1 4 1 7 も加熱することができ、上記不具合の発生を防止可能である。一方、加熱しない場合には、次のステップ 3 1 6 にてプリヒートステージを下降位置 1 6 7 まで下げてプリヒート動作を開始する。

次のステップ 4 では、プリヒート装置 1 6 0 によって室温から約 2 1 0℃付近までバンプ形成前ウエハ 2 0 1 はプリヒートされる。該プリヒート動作によるバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の温度変化により、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 には電荷が発生するが、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 はアルミニウム板 1 6 3 に載置されているので、電荷が蓄積しやすい裏面 2 0 1 b 側の電荷はアルミニウム板 1 6 3 を介してアースされているので効率的に除電可能である。よって、バ

ンプ形成前ウエハ 201 をプリヒートするための温度上昇速度は、急激な温度変化にてバンプ形成前ウエハ 201 が破損する温度上昇速度内、つまり約 50℃/分程度の温度上昇速度内であれば、温度変化により電荷が発生する電荷発生半導体基板においても図 38 に示すように、例えば 5～10℃/分程度の緩やかな温度上昇速度や、例えば 20～40℃/分程度の急速な温度上昇速度等、種々の温度上昇速度を採ることができる。よってプリヒート動作を行う場合でも従来と同程度のタクトを維持することができる。

又、上述した、パネルヒータ枠 162 とアルミニウム板 163 とを分離させず常に一体として昇降する構成を採ったときには、図 39 に示すような温度上昇制御を行うことができる。即ち、上記ステップ 312 の動作が時刻 t1 から時刻 t2 まで実行されバンプ形成前ウエハ 201 は約 40℃から約 60～120℃まで昇温される。その後、上述のように緩やかな、又は急な温度上昇速度にて約 210℃までの昇温制御が行われる。

バンプ形成前ウエハ 201 が上記約 210℃まで昇温された時点で、次のステップ 5 へ移行する。ステップ 5 では、まず図 40 に示すように、プリヒート装置 160 からボンディングステージ 110 へバンプ形成前ウエハ 201 の移載動作が行われる。尚、上記 210℃前後の温度においては例えば 100℃程度における場合に比べてバンプ形成前ウエハ 201 の帯電量は少なく、プリヒート装置 160 からボンディングステージ 110 への移載動作のときにバンプ形成前ウエハ 201 にスパークが発生する可能性は低い。又、図 40 は、プリヒート装置 160 におけるパネルヒータ枠 162 とアルミニウム板 163 とが分離可能な構造の場合の動作を示している。

図 40 のステップ 501 では、搬入側移載装置 141 の駆動部 1412 の動作により第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 が開く方向に移動する。次のステップ 502 ではプリヒート装置 160 のアルミニウム板 163 を下降位置 167 から上昇位置 168 まで移動させる。このとき第 1 保持部材 1414 及び第 2 保持部材 1415 に備わる各保持爪 1417 はアルミニウム板 163 の各逃がし溝 1607 に進入する。そして次のステップ 503 にて第 1



保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 を閉じる。次のステップ 5 0 4 では、ブロー吸引装置 1 6 1 1 を動作させてアルミニウム板 1 6 3 の空気出入孔 1 6 0 8 から空気を噴出し、アルミニウム板 1 6 3 とバンプ形成前ウエハ 2 0 1 とを分離させる。尚、噴出させる空気の温度は、プリヒートされたバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の温度低下を極力防止可能な程度の温度、例えば約 1 6 0℃  
5 前後である。そしてこのようなブロー動作中に、ステップ 5 0 5 にてアルミニウム板 1 6 3 を下降させ、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 を第 1 保持部材 1 4 1 4 及び第 2 保持部材 1 4 1 5 を有するウエハ保持部 1 4 1 1 に保持させる。次のステップ 5 0 6 では上記ブロー吸引装置 1 6 1 1 の動作を停止しブロー動作を終了し、ステップ 5 0 7 にて、昇温されたバンプ形成前ウエハ 2 0 1 を保持している上記ウエハ保持部 1 4 1 1 をボンディングステージ 1 1 0 の上方へ移動させる。以後、後述する、ボンディングステージ 1 1 0 への載置動作に移行する。

一方、約 2 1 0℃まで昇温されたプリヒート装置 1 6 0 のアルミニウム板 1 6 3 は、室温にある次のバンプ形成前ウエハ 2 0 1 を載置する前に再び室温程度まで降温させる必要がある。そこで、図 4 0 に示すステップ 5 1 0 において、冷却空気供給装置 1 6 1 3 を動作させアルミニウム板 1 6 3 内の冷媒用通路 1 6 1 2 に冷却用空気を供給する。さらに次のステップ 5 1 1 及びステップ 5 1 2 では、プリヒート装置 1 6 0 のエアーシリンダ 1 6 0 1 を動作させて上記下降位置 1 6 7 から上記上昇位置 1 6 8 までアルミニウム板 1 6 3 を上昇させ、パネルヒータ 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とを分離させてアルミニウム板 1 6 3 の温度を約 3 0℃まで冷やす。尚、本実施形態ではアルミニウム板 1 6 3 の冷却温度を上記約 3 0℃に設定しているが、該温度に限定するものではない。つまり常温にあるバンプ形成前ウエハ 2 0 1 との温度差により、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の帯電量が許容量を超えず、又、反りが生じない程度のアルミニウム板 1 6 3 の冷却温度に設定することができる。上述のようにパネルヒータ 1 6 2 とアルミニウム板 1 6 3 とを分離させることでアルミニウム板 1 6 3 を効率的に冷却することができる。アルミニウム板 1 6 3 の温度が約 3  
15  
20  
25

0℃まで冷えた後、ステップ513にて冷却空気供給装置1613の動作を停止し冷却用空気の供給を終了する。そしてステップ514にてアルミニウム板163を下降させ、ステップ515にて搬入側移載装置141のウエハ保持部1411を搬送装置130の上方に戻す。

5 一方、上述した、パネルヒータ枠162とアルミニウム板163とを分離させず常に一体として昇降する構成を採ったときには、図41に示す動作を行う。尚、図41に示す動作において図40を参照して説明した動作と同様の動作については図40の場合と同符号を付しその説明を省略する。図41に示すステップ521、522は、図40に示すステップ502、505にそれぞれ対応する動作であり、パネルヒータ枠162とアルミニウム板163とが一体的に  
10 構成されたプリヒートステージが上昇、下降する動作を行う。

次に、プリヒート装置160からボンディングステージ110へのバンプ形成前ウエハ201の移載動作について説明する。

15 上述したようにバンプ形成前ウエハ201はプリヒート動作により約210℃まで昇温されるが、ボンディングステージ110上へ載置されるまでの時間にて若干その温度は下がる。このように温度が若干下がったバンプ形成前ウエハ201を約210℃に加熱されているボンディングステージ110に載置したとき、バンプ形成前ウエハ201の温度とボンディングステージ110の温度との差に起因して、バンプ形成前ウエハ201の材質によっては図12に  
20 示すように反りが生じる場合がある。該反りを生じるバンプ形成前ウエハ201としては、例えばLiTaO<sub>3</sub>ウエハや、LiNbO<sub>3</sub>ウエハがある。そこで本実施形態では、ボンディングステージ110のバンプ形成前ウエハ201に対して、反りを矯正する動作を施している。本実施形態では、LiNbO<sub>3</sub>ウエハの場合にはボンディングステージ110に載置後に熱風を吹き付けること  
25 で上記反りを矯正し、一方、LiTaO<sub>3</sub>ウエハの場合には載置後の熱風吹き付け動作ではLiNbO<sub>3</sub>ウエハの場合に比べて反り矯正に要する時間が長くなってしまっているので、熱風の吹き付けは行わない。このような差異が生じるのは、LiTaO<sub>3</sub>ウエハは、LiNbO<sub>3</sub>ウエハに比べて熱伝導率が悪く、熱風の吹

き付けは逆効果であり載置後における加熱動作のみの方が $\text{LiTaO}_3$  ウエハの温度が均一になりやすいためと考えられる。以下に、図42を参照して上記熱風吹き付けによる反り矯正動作を、図43を参照して熱風吹き付け無しの反り矯正動作について説明する。

5 図42に示すステップ507では、図45に示すように、搬入側移載装置141のウエハ保持部1411に保持されているバンプ形成前ウエハ201がボンディングステージ110上に搬入される。次のステップ531では、ボンディングステージ110へのバンプ形成前ウエハ201の搬入角度調整のためボンディングステージ110の回転が行われる。次のステップ532では、図4  
10 6に示すようにウエハ載置台111がバンプ形成前ウエハ201の厚み方向に上昇して、バンプ形成前ウエハ201の裏面201bに接触し、さらに若干ウエハ201を押し上げる。尚、ウエハ載置台111が上昇したとき、上記ウエハ保持部1411の各保持爪1417はウエハ載置台111に形成されている逃がし溝116に進入する。

15 該押し上げのとき、バンプ形成前ウエハ201の表面201aに接触している除電用接触部材14100は、スプリング14162の付勢力に逆らいながら上記表面201aに接触した状態を維持したまま押し上げられる。上述したように、210℃付近の温度ではバンプ形成前ウエハ201の帯電量は減り、さらに又、上記表面201aに除電用接触部材14100を接触させている。  
20 よって、表面201aにおけるスパークの発生を防止することができる。

次のステップ533では、図47に示すように、搬入側移載装置141の駆動部1412の動作により第1保持部材1414及び第2保持部材1415が開く方向に移動し、ウエハ保持部1411によるバンプ形成前ウエハ201の保持が解除される。

25 この状態にて、次のステップ534にて、ブロー装置115を動作させて、ウエハ載置台111に開口されている空気出入孔113から約160℃程度の上記反り矯正用熱風をバンプ形成前ウエハ201へ吹き付ける。該ブロー動作により、約0.5mm程、バンプ形成前ウエハ201はウエハ載置台111よ

り浮き上がるが、バンプ形成前ウエハ201の周囲には第1保持部材1414及び第2保持部材1415の保持爪1417が存在するので、浮き上がったバンプ形成前ウエハ201がウエハ載置台111上から脱落することはない。本実施形態では、上記LiNbO<sub>3</sub>ウエハに対して上記反り矯正が達成される約

5 2～4分間、上記反り矯正用熱風の吹き付けを行うが、該熱風の吹き付け時間、及び温度は、反り矯正動作の対象となる電荷発生半導体基板の材質によって設定されるものであり、上述の値に限定されるものではない。

上記熱風吹き付け時間の経過後、ステップ535にてブロー装置115の動作を停止し反り矯正用熱風の吹き付けを終了する。そしてステップ536では、

10 吸引装置114を動作させて上記空気出入孔113から吸引を開始しバンプ形成前ウエハ201をウエハ載置台111上へ吸着する。ステップ537にて上記吸着が行われたことを検出し、ステップ538にて、図48に示すようにウエハ載置台111がバンプ形成前ウエハ201を保持した状態のまま、元の位置まで下降する。

15 以上の動作にて上記反り矯正動作は終了する。その後、搬入側移載装置141のウエハ保持部1411が上記搬送装置130の上方へ移動する。

次に、熱風吹き付け無しの反り矯正動作について説明する。尚、図43に示す動作の内、ステップ507、531、532、536、537の各動作については、図42を参照して上述した動作に同じであるので、ここでの説明は省

20 略する。ステップ532にてウエハ載置台111が上昇し、ステップ541ではウエハ載置台111上にバンプ形成前ウエハ201が載置される。このとき、ウエハ載置台111は、バンプ形成前ウエハ201を吸着しない。これは、バンプ形成前ウエハ201に上記反りが生じたとき、吸着しているとバンプ形成前ウエハ201の変形動作が制限されてしまい、バンプ形成前ウエハ201に

25 割れ等の損傷が発生する可能性があるからである。次のステップ542ではウエハ載置台111を元の位置まで下降させる。

ウエハ載置台111が降下したことで、ウエハ載置台111はヒータ112にて約210℃程度に再び加熱され、ステップ543では、ウエハ載置台111

1 上にバンプ形成前ウエハ 2 0 1 が載置された状態で、上述した反り矯正用熱風の吹き付けを行うことなく、本実施形態では、上記  $\text{LiTaO}_3$  ウエハに対して上記反り矯正が達成される約 2 分間、経過させる。よってこの間に、 $\text{LiTaO}_3$  ウエハは、ウエハ載置台 1 1 1 にて加熱され、反りが矯正される。尚、  
5 上記反り矯正用の放置時間、及び温度は、反り矯正動作の対象となる電荷発生半導体基板の材質によって設定されるものであり、上述の値に限定されるものではない。

上述した、熱風吹き付け有り及び熱風吹き付け無しのいずれかの反り矯正動作を行うことで、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の反りを矯正でき、従って、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の割れ等の損傷を防止することができる。  
10

以上説明したような反り矯正用動作後、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 上の回路における電極部分へバンプ形成ヘッド 1 2 0 にてバンプが形成される。尚、バンプ形成の間、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 は上記バンプボンディング用温度に維持され温度変化はほとんどないので、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 に電荷が発生することはほとんどない。  
15

上記バンプ形成後、ステップ 6 では、搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 における第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 にてバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持し、搬出側移載装置 1 4 2 の移動装置 1 4 2 3 の駆動にてウエハ保持部 1 4 2 1 が X 方向に移動し、図 2 に示すように、ポストヒート装置 1 7 0 の上方にバンプ形成後ウエハ 2 0 2 が配置され、その後、ポストヒート装置 1 7 0 に載置される。これらのさらに詳しい動作を図 5 0 及び図 5 1 を参照して以下に説明する。  
20

図 5 0 に示すステップ 6 0 1 ではポストヒート装置 1 7 0 のアルミニウム板 1 7 3 を約  $210^\circ\text{C}$  に加熱する。次のステップ 6 0 2 では、ウエハ保持部 1 4 2 1 に保持されているバンプ形成後ウエハ 2 0 2 をポストヒート装置 1 7 0 の上方に搬入する。次のステップ 6 0 3 では、上記加熱されたアルミニウム板 1 7 3 を下降位置 1 6 7 から上昇位置 1 6 8 へ上昇させる。該上昇動作により、上記バンプ形成後ウエハ 2 0 2 はアルミニウム板 1 7 3 に接触し載置される。  
25

尚、このとき、搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 における第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 に備わる各保持爪 1 4 1 7 は、アルミニウム板 1 7 3 に形成されている逃がし溝 1 7 0 7 に進入する。そして次のステップ 6 0 4 にて、搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 における第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 を開き、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 の保持を解除する。この後のステップ 7 におけるポストヒート動作は、ポストヒート装置 1 7 0 が本実施形態のようにパネルヒータ枠 1 7 2 とアルミニウム板 1 7 3 とが分離可能な構造である場合と、上述した変形例のように分離しない一体型の場合とで動作が若干異なる。

上記一体型の場合には、上記ステップ 6 0 1 とステップ 6 0 2 との間に、下記のステップ 6 4 1 ～ステップ 6 4 7 の動作を実行することができる。

つまり、図 5 1 に示すステップ 6 4 1 では、搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 の特に保持爪 1 4 1 7 の加熱が必要か否かを判断する。つまり、上述のようにボンディングステージ 1 1 0 にて約 2 1 0 °C に加熱されたバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 にて保持しポストヒート装置 1 7 0 へ搬送するが、上記保持する際に、ウエハ保持部 1 4 2 1 の特に保持爪 1 4 1 7 の温度とバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の温度との差がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 に損傷を与える程度、例えば 4 0 °C 前後であるときには、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 に損傷を与える可能性がある。上記温度差や損傷を生じるか否かは、取り扱う電荷発生半導体基板の材質等により異なるので、ステップ 6 4 1 にてウエハ保持部 1 4 2 1 の加熱の有無を判断する。該加熱を行うときにはステップ 6 4 2 へ移行し、行わないときにはステップ 6 4 6 へ移行する。

上記加熱をする場合、上記ステップ 6 4 2 では、搬出側移載装置 1 4 2 の移動装置 1 4 2 3 を動作させ、搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 をポストヒート装置 1 7 0 の上方へ移動させる。次のステップ 6 4 3 では、ポストヒート装置 1 7 0 に備わるパネルヒータ枠 1 7 2 及びアルミニウム板 1 7 3 にて一体的に構成されるポストヒートステージを下降位置 1 6 7 から上昇位置

168まで上昇させる。該上昇動作により、搬出側移載装置142のウエハ保持部1421における第1保持部材1424及び第2保持部材1425に備わる各保持爪1417は、アルミニウム板173に形成されている逃がし溝1707に進入する。次のステップ644では、上記ポストヒートステージを約210℃まで昇温し、次のステップ645にて、逃がし溝1707に存在する上記保持爪1417、さらにはウエハ保持部1421の加熱を行う。加熱後、ステップ646にて上記ポストヒートステージを下降位置167まで下降させる。

次のステップ647では、加熱された上記ウエハ保持部1421をボンディングステージ110の上方まで移動させ、ステップ648にてボンディングステージ110のウエハ載置台111を上昇させてウエハ載置台111上のバンパ形成後ウエハ202をウエハ保持部1421にて保持する。そして上述のステップ602へ移行し、ステップ603、ステップ604を経て、上記ステップ7へ移行する。

ステップ7では、ポストヒート装置170にてバンパ形成後ウエハ202を加熱することで該ウエハ202の降温を制御しながら、約210℃の上記バンパボンディング用温度から、室温を10℃程上回る温度までバンパ形成後ウエハ202のポストヒートを行う。

電荷発生半導体基板であるバンパ形成後ウエハ202は、降温時における温度変化に起因して帯電するが、上述したように、バンパ形成後ウエハ202は、ポストヒート装置170のアルミニウム板173に直接接触して載置されているので、特に帯電しやすい裏面側の電荷はアルミニウム板173を介して効率的にアースすることができる。よって、上述したプリヒート動作の場合と同様に、電荷発生半導体基板を取り扱うにもかかわらず図52に示すように種々の降温制御を行うことが可能である。即ち、パネルヒータ171の温度制御により降温制御を行う場合はもちろん、ポストヒート装置170に備わるパネルヒータ枠172とアルミニウム板173とが本実施形態のように分離可能な構造である場合には、さらに、上記パネルヒータ枠172と上記アルミニウム板173とを分離する場合、分離しない場合、冷却用空気を供給する場合、供給し

ない場合の各種の動作制御によっても降温制御が可能である。

図 5 2 において、符号 1 1 0 1 にて示す降温曲線は、パネルヒータ 1 7 2 とアルミニウム板 1 7 3 とを分離し、かつアルミニウム板 1 7 3 への冷却用空気の供給を行った場合の曲線であり、符号 1 1 0 2 にて示す降温曲線は、上記分離は行わず上記冷却用空気の供給のみを行った場合の曲線であり、符号 1 1 0 3 にて示す降温曲線は、上記分離を行い、上記冷却用空気の供給は行わない場合の曲線であり、符号 1 1 0 4 にて示す降温曲線は、上記分離動作及び上記冷却用空気の供給動作をともに行わない場合の曲線である。以下に、上述の各降温制御動作について説明する。

図 5 3 に示す動作は、パネルヒータ 1 7 2 とアルミニウム板 1 7 3 とを分離して、アルミニウム板 1 7 3、つまり該アルミニウム板 1 7 3 に載置されているバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の降温制御を行う場合を示している。図 5 3 のステップ 6 1 1 では、パネルヒータ 1 7 1 の温度制御により、又は自然冷却によりパネルヒータ 1 7 1 の温度を約 2 1 0℃から約 1 0 0℃まで下げるとともに、アルミニウム板 1 7 3 を上記上昇位置 1 6 8 まで上昇させて、パネルヒータ 1 7 2 とアルミニウム板 1 7 3 とを分離する。該降温動作により、ステップ 6 1 2 ではポストヒート装置 1 7 0 のアルミニウム板 1 7 3 の温度が、本実施形態では約 1 5 0℃に達したか否かが判断される。尚、上記 1 5 0℃は、上記約 2 1 0℃から冷却を始めた場合、上記約 2 1 0℃から上記 1 5 0℃程度までにおける降温速度に比べて上記 1 5 0℃後における降温速度が遅くなる、つまり降温速度に変化が生じる温度であり、出願人の実験から得られた値である。このように、上記 1 5 0℃の値は、電荷発生半導体基板の材質や、ボンディング用温度等に基づいて設定する値であり、上記 1 5 0℃の値に限定されるものではない。アルミニウム板 1 7 3 が上記約 1 5 0℃になった後、さらにステップ 6 1 3 にて冷却空気供給装置 1 7 1 3 を動作させて冷却用空気をアルミニウム板 1 7 3 に供給する。ステップ 6 1 4 にてアルミニウム板 1 7 3 の温度が約 4 0℃まで下がったか否かを判断し、下がったときには上記冷却空気供給装置 1 7 1 3 の動作を停止しアルミニウム板 1 7 3 への冷却用空気の供給を停止す



る。尚、上記40℃は、電荷発生半導体基板の材質等により設定する値であり、該値に限定されるものではない。

このような、ステップ611からステップ615までの動作によって、図52に示す符号1101にてしめす降温制御が実行される。この場合、アルミニウム板173を約210℃から約40℃まで約10分で降温させることができる。

又、上記ステップ613～ステップ615の動作を実行しない場合、図52に符号1103にて示す降温制御が実行される。この場合、アルミニウム板173は約210℃から約40℃まで約25～30分で降温される。

又、図54に示す動作は、パネルヒータ枠172とアルミニウム板173とを分離せずに、アルミニウム板173、つまり該アルミニウム板173に載置されているバンプ形成後ウエハ202の降温制御を行う場合を示している。上記図53に示す降温制御動作と図54に示す降温制御動作との違いは、パネルヒータ枠172とアルミニウム板173との分離の有無のみであるので、ここでの詳しい説明は省略する。尚、図54に示すステップ621～ステップ625の各動作は、図53に示すステップ611～ステップ615の各動作に対応している。

このような、ステップ621からステップ625までの動作によって、図52に符号1102にて示す降温制御が実行される。この場合、アルミニウム板173を約210℃から約40℃まで約20分で降温させることができる。

又、上記ステップ623～ステップ625の動作を実行しない場合、図52に符号1104にて示す降温制御が実行される。この場合、アルミニウム板173は約210℃から約40℃まで約50分で降温される。

以上説明したポストヒート動作の終了後、ステップ8へ移行し以下の動作が実行される。搬出側移載装置142のウエハ保持部1421にてバンプ形成後ウエハ202を保持し、移動装置1423の駆動によりX方向に沿って搬出装置132の上方へ移動する。移動後の状態を図56に示している。図55を参照して以下にポストヒート装置170から搬出装置132へのバンプ形成後ウ

エハ２０２の搬出動作を説明する。尚、該搬出動作においても、ポストヒート装置１７０のパネルヒータ枠１７２とアルミニウム板１７３との分離動作の有無に応じて若干動作に差異がある。図５５に示すステップ８０１、８０２は、

5 パネルヒータ枠１７２とアルミニウム板１７３との分離動作を行う場合に実行され、一方、ステップ８０３～８０６の動作は上記分離動作を行わない場合に実行される。又、ステップ８０７～８１０は、両者に共通する動作である。

上記分離動作が行われる場合、上述したようにポストヒート動作における冷却動作のため既にパネルヒータ枠１７２とアルミニウム板１７３とは分離しておりアルミニウム板１７３は上記上昇位置１６８に位置するので、上記ステップ

10 プ８０１では、搬出側移載装置１４２のウエハ保持部１４２１における第１保持部材１４２４及び第２保持部材１４２５を閉じて、アルミニウム板１７３上の、冷却されたバンプ形成後ウエハ２０２を保持する。そしてステップ８０２にて、ブロー吸引装置１７１１を動作させてアルミニウム板１７３の空気出入孔１７０８からブロー用空気を噴出させて、上記バンプ形成後ウエハ２０２を

15 アルミニウム板１７３から浮上させる。そして後述のステップ８０７へ移行する。

一方、上記分離動作を行わない場合、ステップ８０３では、ポストヒート装置１７０の上方に配置された搬出側移載装置１４２のウエハ保持部１４２１における第１保持部材１４２４及び第２保持部材１４２５を開く。次のステップ

20 ８０４では、パネルヒータ枠１７２及びアルミニウム板１７３が一体的に構成されたポストヒートステージを上記上昇位置１６８まで上昇させる。そしてステップ８０５にて上記第１保持部材１４２４及び第２保持部材１４２５を閉じ、冷却されたバンプ形成後ウエハ２０２を保持する。次のステップ８０６では、ブロー吸引装置１７１１を動作させてアルミニウム板１７３の空気出入孔１７

25 ０８からブロー用空気を噴出し、上記バンプ形成後ウエハ２０２をアルミニウム板１７３から浮上させる。

ステップ８０７では、上記分離動作を行った場合にはアルミニウム板１７３のみを、上記分離動作がない場合には上記ポストヒートステージを、上記下降

位置 1 6 7 へ下げる。したがって上記ウエハ保持部 1 4 2 1 にて保持されているバンプ形成後ウエハ 2 0 2 はポストヒート装置 1 7 0 の上方に位置することになる。次のステップ 8 0 8 では、ブロー吸引装置 1 7 1 1 の動作を停止し上記ブロー用空気の噴出を停止する。次のステップ 8 0 9 では、搬出側移載装置 1 4 2 の移動装置 1 4 2 3 の駆動により X 方向に沿って搬出装置 1 3 2 の上方へ移動する。

ステップ 8 1 0 では、ポストヒート装置 1 7 0 が、さらに次のバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を受け入れる場合には、アルミニウム板 1 7 3 を約 4 0 °C から再び約 2 1 0 °C まで昇温させる。

上記移動後、搬出装置 1 3 2 の駆動部 1 3 2 4 が動作し、図 5 7 に示すように、保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏面 2 0 2 b に接触し、かつバンプ形成後ウエハ 2 0 2 がウエハ保持部 1 4 2 1 の保持爪 1 4 1 7 から約 1 mm 程浮き上がるように上昇する。保持部 1 3 2 3 が上記裏面 2 0 2 b に接触することで、裏面 2 0 2 b の帯電が保持部 1 3 2 3 を通じてアースされることから裏面 2 0 2 b の帯電量は減少する。又、上記上昇のときにも、除電用接触部材 1 4 1 0 0 はバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の表面 2 0 2 a に接触した状態を維持している。よって、搬入装置 1 3 1 及びボンディングステージ 1 1 0 におけるウエハ 2 0 1、2 0 2 の受け渡しの場合と同様に、保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏面 2 0 2 b の接触することで、裏面 2 0 2 b の帯電量が変化することに伴い表面 2 0 2 a の電荷に変化が生じたときでも、該変化分の電荷を除去することができる。

又、上記上昇後、保持部 1 3 2 3 は吸着動作によりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持する。

保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持した後、図 5 8 に示すように、ウエハ保持部 1 4 2 1 の第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 が駆動部 1 4 2 2 により開き、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 の保持を解除する。

上記保持解除後、図 5 9 及び図 6 0 に示すように、上記保持部 1 3 2 3 が下降しバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持台 1 3 2 1 上に載置する。該載置後、保

保持台 1 3 2 1 は、本実施形態では吸着動作によりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持する。

次のステップ 9 では、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持した上記保持台 1 3 2 1 が搬出装置用移動装置 1 3 2 2 の動作により X 方向に移動しバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を第 2 収納容器 2 0 6 側へ搬送する。

そして、次のステップ 1 0 では、保持台 1 3 2 1 はバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を第 2 収納容器 2 0 6 へ収納する。

以上説明したように、本実施形態のバンプ形成装置 1 0 1 によれば、電荷発生半導体基板、例えば圧電基板ウエハのように温度変化に伴い電荷を発生するウエハに対して、プリヒート動作及びポストヒート動作の温度変化するときには、電荷発生半導体基板を直接、プリヒート装置 1 6 0 及びポストヒート装置 1 7 0 を構成しているアルミニウム板 1 6 3、1 7 3 上に接触させ、アースしている。したがって、例えばウエハのダイシングラインに沿ってアルミニウム膜を形成したり、ウエハ裏面全面にアルミニウム膜を形成したりすることなく、上記温度変化により生じる電荷を、当該ウエハに形成されている回路に損傷を与えない程度、及び例えばステージへの接着力が低下することにより当該ウエハ自体に割れ等が生じない程度にまで低減することができる。

特に、ウエハの厚みが 0.2 mm 以下である場合や、ウエハ上に形成されている回路の線間距離が 1  $\mu$  m より小さく特に隣接する線の線幅の差が大きい場合には、上述したプリヒート動作及びポストヒート動作における温度上昇制御及び温度降下制御を行うことにより、大きな除電効果を得ることができる。

又、バンプを形成するウエハの種類毎、つまりその材質、大きさ等毎に、上記プリヒート動作における昇温速度、及び上記ポストヒート動作における降温速度を設定し、制御装置 1 8 0 に備わる記憶装置 1 8 1 に予め記憶させておき、処理するウエハの種類に応じて制御を変更するように構成することもできる。

又、本実施形態では上述したように、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 に対する昇温時及びバンプ形成後ウエハ 2 0 2 に対する降温時の両方において温度制御を行ったが、最低限、上記バンプボンディング用温度から室温までの降温時のみ

に上記温度降下制御を行えばよい。なぜならば、上述したようにウエハ 201, 202 は一旦帯電するとなかなか除電されないという特質を有し、上記バンプボンディング用温度から室温までの降温後、ウエハ 202 は第 2 収納容器 206 に収納されることから帯電状態ままでは不具合発生の要因にも成りかねないことから、除電を十分に行っておく必要があるからである。

上述のように、第 2 収納容器 206 への収納前にはバンプ形成後ウエハ 202 の帯電量を減少させておく必要があることから、図 61 に示すように、搬出側移載装置 142 のウエハ保持部 1421 から搬出装置 132 へのバンプ形成後ウエハ 202 の受け渡し動作の間、バンプ形成後ウエハ 202 の少なくとも裏面 202b 側、好ましくはさらに表面 202a 側をも加えた両面側に、イオン発生装置 190 を設けるのが好ましい。上記受け渡しするとき、バンプ形成後ウエハ 202 の裏面 202b には負電荷が、表面 202a には正電荷がそれぞれ帯電しているので、各電荷を中和するため、裏面 202b 側に配置されたイオン発生装置 190-1 は正イオンを、表面 202a 側に配置されたイオン発生装置 190-2 は負イオンを発生する。各イオン発生装置 190-1、190-2 は、制御装置 180 に接続され動作制御される。尚、図 61 は、バンプ形成後ウエハ 202 を保持したウエハ保持部 1421 が搬出装置 132 の上方に配置されたときに、イオン発生装置 190-1、190-2 からイオンをバンプ形成後ウエハ 202 に作用させている状態を図示しているが、上述のように受け渡し動作の間、つまり図 57 から図 60 に至るまでの各動作の間、バンプ形成後ウエハ 202 にイオンを作用させる。

このようにイオン発生装置 190 を設けることで、設けない場合に比べて、以下のように帯電量をより低減させることができる。尚、下記の帯電量値は一例である。本実施形態における上述の温度上昇制御や温度降下制御を行わない場合において、ウエハ保持部 1421 が搬出装置 132 の上方に配置されたとき、バンプ形成後ウエハ 202 の表面 202a の帯電量は約 +18V であり、裏面 202b は上述のように約 -1000V である。このようなバンプ形成後ウエハ 202 の表裏両面にイオン発生装置 190 にてイオンを 4 分間作用させ

ることで、表面 202a の帯電量は約 +22 V になり、裏面 202b は約 +22 V にすることができる。よって、本実施形態における上述の温度上昇制御や温度降下制御を行い、さらにイオン発生装置 190 にて少なくとも上記裏面 202b にイオンを作用させることで、裏面 202b の帯電量をより低減することができる。

さらに又、イオン発生装置 190-1、190-2 から発生したイオンを、より効率的に少なくとも上記裏面 202b に作用させるため、図 61 に示すように、少なくとも裏面 202b 側には、発生したイオンを裏面 202b へより効率的に移動させるための送風装置 191 を設けてもよい。尚、送風装置 191 は制御装置 180 にて動作制御される。

又、図 61 に示すように、静電センサ 251 を設け、少なくとも裏面 202b、好ましくはさらに表面 202a をも加えた両面の帯電量を静電センサ 251 にて測定しながら、測定された帯電量に基づき制御装置 180 にて上記イオン発生装置 190 のイオン発生量や、送風装置 191 の送風量を制御するようにしてもよい。

さらに、ウエハ保持部 1421 から搬出装置 132 へのバンプ形成後ウエハ 202 の受け渡し動作前の、上記ポストヒート動作においてもより効率的に除電を行うため、上記イオン発生装置 190 によるイオンを作用させるように構成してもよい。

さらには、上記プリヒート動作においても上記イオン発生装置 190 によるイオンを作用させるように構成しても良い。

又、上述の実施形態では、ボンディングステージ 110 にバンプ形成前ウエハ 201 を載置したときに、上記反り矯正動作を行ったが、これに加えてさらに、プリヒート装置 160 にバンプ形成前ウエハ 201 を載置したとき、及びポストヒート装置 170 にバンプ形成後ウエハ 202 に載置したときにも、上記ブロー吸引装置 1611、1711 を動作させて気体を噴出させて上記反り矯正動作を実行してもよい。

又、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 は、昇温に伴

い正電荷が発生し、降温に伴い負電荷が発生する。この現象を利用し、プリヒート動作では、バンプ形成前ウエハ 201 を室温から上記バンプボンディング用温度まで一気に昇温するのではなく、例えば図 4.4 に示すように、昇温、降温を交互に繰り返す温度上昇制御を行い、上記バンプボンディング温度まで  
5 徐々に昇温する。このようなプリヒート動作を行うことで、昇温により生じた正電荷を、降温により生じる負電荷にて中和することができる。つまり、増加した帯電分をその都度逆帯電により除電することで、バンプボンディング温度まで昇温された時点においてもバンプ形成前ウエハ 201 の初期電荷分の帯電量にするという考え方である。同様に、図 4.9 に示すように、ポストヒート動作においてもバンプボンディング用温度から室温までバンプ形成後ウエハ 20  
10 2 を一気に降温せずに降温、昇温を交互に繰り返して徐々に降温する温度降下制御を行うことができる。

このようなジグザグの温度上昇制御及び温度降下制御を、プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 における上述したプリヒート動作及びポスト  
15 ヒート動作に採り入れても良い。

又、上述の実施形態では、プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 において、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 は、その裏面のほぼ全面をアルミニウム板 163、173 に接触させているが、除電を行う動作のみを考えた場合には、必ずしも上記ほぼ全面が接触する必要はなく、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 の外周から中心  
20 へ向かって、半径の約  $1/3$  程度が円環状に導電性部材に接触していればよい。

又、上述の実施形態では、上記プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 を設け、ポストヒート装置 170 を用いて上述した温度降下制御を行い、さらにはプリヒート装置 160 を用いて上述した温度上昇制御を行った。この  
25 ようにそれぞれ独立した動作を行うことで、ウエハ搬入からウエハ搬出までの工程をより効率的に処理でき、タクト短縮を図ることができる。しかしながら、例えば工程に時間的余裕がある場合等には、図 6.2 に示すようなバンプ形成装置 102 のように、プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 の設置

を省略し、上記ボンディングステージ110にて、上記バンプボンディング用温度へのウエハ201の保温、上記ポストヒート動作における上記温度降下制御、及び上記プリヒート動作における上記温度上昇制御を、制御装置180にて制御して実行するように構成することもできる。

- 5       又、このような構成を採ったときには、上記搬入側移載装置141又は上記搬出側移載装置142のいずれか一方のみを設ければよく、プリヒート装置160及びポストヒート装置170の設置の省略と相まって、バンプ形成装置全体の構成をコンパクト化することができる。

- 10       図63には、上述のバンプ形成装置102の構造、つまりプリヒート装置160及びポストヒート装置170の設置を省略し、ボンディングステージ110のウエハ載置台111に、上記バンプ形成前ウエハ201のような電荷発生半導体基板を載置して、プリヒート動作、ボンディング動作、ポストヒート動作を行う場合の動作を示している。図63のステップ1001では、例えば上記搬入側移載装置141のような移載装置143を使用して、電荷発生半導体
- 15       基板としてのバンプ形成前ウエハ201を搬送装置130からボンディングステージ110のウエハ載置台111上へ載置する。尚、このときウエハ載置台111は約40℃程度の温度である。そして、次のステップ1002では、後述するサブプレート195を使用している場合には、ボンディングステージ110の吸引装置114を動作させて載置したサブプレート195をウエハ載置
- 20       台111上に吸着する。しかしながら、上記バンプ形成前ウエハ201を直接ウエハ載置台111に載置する場合には、上記吸着動作は行わない。この理由は、次のステップ1003では、上記約40℃から約210℃までバンプ形成前ウエハ201は昇温されるが、このときの温度変化によりバンプ形成前ウエハ201には、上述した反り等の変形が生じる。よって吸着動作により上記変
- 25       形を制限してしまうことでバンプ形成前ウエハ201に損傷が生じる場合が考えられることから、このような損傷の発生を防止するためである。

ステップ1003では、例えば10℃/分の昇温速度にて、上述のようにバンプ形成前ウエハ201の昇温が行われる。尚、バンプ形成前ウエハ201は、



ウェハ載置台 1 1 1 に直接接触しているので、上記昇温の際における温度変化によりバンプ形成前ウェハ 2 0 1 に発生する電荷はウェハ載置台 1 1 1 から効率的に除去することができる。よって、上記昇温速度は、上述したように種々の速度を設定することができる。

5        次のステップ 1 0 0 4 では、例えば搬入側移載装置 1 4 1 のウェハ保持部 1 4 1 1 の保持爪 1 4 1 7 にて、ウェハ載置台 1 1 1 上でのバンプ形成前ウェハ 2 0 1 の動きを制限し、次のステップ 1 0 0 5 にてブロー装置 1 1 5 を動作させてウェハ載置台 1 1 1 の空気出入孔 1 1 3 から熱風をバンプ形成前ウェハ 2 0 1 へ吹き付け、バンプ形成前ウェハ 2 0 1 に帯電している電荷を空中へ放電  
10        させることで除電を行う。その後、ステップ 1 0 0 6 にて、吸引装置 1 1 4 を動作させてバンプ形成前ウェハ 2 0 1 をウェハ載置台 1 1 1 上に吸着する。尚、本実施形態では、上記ステップ 1 0 0 5 及び上記ステップ 1 0 0 6 を行った後、再度ステップ 1 0 0 5 及びステップ 1 0 0 6 を実行している。つまり 2 回、上述した除電用のブロー動作を行っている。尚、上記除電用ブロー動作の回数及びブロー動作を行う時間は、バンプ形成前ウェハ 2 0 1 の帯電量に応じて設定  
15        すればよい。例えば上記帯電量が約 - 5 0 V 以下のときには上記除電用ブロー動作は 1 回で設定した時間だけ行うようにし、上記帯電量が約 - 8 0 0 V 程度のときには上記除電用ブロー動作は 1 回で連続的に行い、上記帯電量が約 - 1 0 0 0 V 程度のときには上述のように上記除電用ブロー動作を複数回でかつ連続  
20        的に行うようにすることができる。

       次のステップ 1 0 0 7 では、バンプ形成前ウェハ 2 0 1 へバンプボンディングを行い、次のステップ 1 0 0 8 では、吸引装置 1 1 4 の動作を停止し上記吸着を停止する。この時点で、吸着動作を停止する理由は、上記ステップ 1 0 0 2 にて吸着を行わない趣旨に同様であり、温度変化によるバンプ形成後ウェハ 2 0 2 の変形を制限しないことで、損傷の発生を防止するためである。  
25       

       次のステップ 1 0 0 9 では、ウェハ載置台 1 1 1 の温度を約 2 1 0 °C から約 4 0 °C まで、例えば 1 0 °C / 分の降温速度にて降下させる。尚、バンプ形成後ウェハ 2 0 2 は、ウェハ載置台 1 1 1 に直接接触しているため、上記降温の際

における温度変化によりバンプ形成後ウエハ 202 に発生する電荷はウエハ載置台 111 から効率的に除去することができる。よって、上記降温速度は、上述したように種々の速度を設定することができる。そして、ステップ 1010 では、バンプ形成後ウエハ 202 に対してブローを行いウエハ載置台 111 から浮かせ、上記移載装置にてウエハ載置台 111 から搬出装置 132 へバンプ形成後ウエハ 202 を移載する。

上述した除電用ブロー動作は、プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 を備えたバンプ形成装置 101 におけるプリヒート動作及びポストヒート動作においても、上記ブロー吸引装置 1611、1711 を動作させて気体を噴出させて実行してもよい。

又、上述の説明では、バンプ形成前ウエハ 201 の裏面 201b 側には、いわゆるサブプレートと呼ばれる、ウエハの割れを保護するための保護部材を設けていない場合を例に採ったが、例えば図 64 に示すサブプレート 195 を裏面 201b 側に取り付けることもできる。該サブプレート 195 は例えばアルミニウムのような金属材料にて作製されており、バンプ形成前ウエハ 201 は、上記裏面 201b をサブプレート 195 に接触させ、当該サブプレート 195 に設けた板バネ 196 にてサブプレート 195 に保持される。

サブプレート 195 を設けることで、ウエハ 201、202 の割れを防止することができるとともに、上記裏面 201b は常にサブプレート 195 に接触しており、かつ板バネ 196 を介して表面 201a に導通しているので、表裏面間での帯電量の差を小さくすることができ、バンプ形成前ウエハ 201 に形成されている回路の帯電に起因する損傷発生を低減することができる。

又、サブプレート 195 を設けたとき、上記プリヒート動作及びポストヒート動作における上記パネルヒータ 161、171 の熱が有効にウエハ 201、202 に作用するように、さらには上記イオン発生装置 190 にて生じたイオンがウエハ 201、202 の裏面 201b、202b に有効に作用するように、サブプレート 195 には、当該サブプレート 195 の厚み方向に貫通する複数の貫通穴 197 が設けられている。

以上説明した、バンプ形成装置 101 及びバンプ形成装置 102 にて上記電荷発生半導体基板に対して実行される除電動作により、帯電量が平均ほぼ  $\pm 200$  V に低減された電荷発生半導体基板を作製することができ、さらに上記イオン発生装置 190 を使用することで上述のように約  $\pm 20 \sim 30$  V の帯電量が原因となる上記電荷発生半導体基板に形成されている回路の焦電破壊や当該電荷発生半導体基板自体の割れ等の損傷の発生を防止することができる。

上述の実施形態におけるバンプ形成装置 101 では、プリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 に接触した状態に電荷発生半導体基板を配置して該電荷発生半導体基板における帯電を除去、低減したが、以下に説明する変形例のように、プリヒート装置及びポストヒート装置に対して電荷発生半導体基板を接触させずに該電荷発生半導体基板における帯電を除去、低減するように構成することもできる。

図 71 は上記図 2 に対応する図であり、上記変形例に相当するバンプ形成装置 501 を示している。該バンプ形成装置 501 と、上述のバンプ形成装置 101 とにおいて、主な相違点は、プリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570、及び上記帯電の除去、低減動作である。尚、プリヒート装置 560 は、上述のプリヒート装置 160 に相当し、ポストヒート装置 570 は上述のポストヒート装置 170 に相当する。又、バンプ形成装置 501 とバンプ形成装置 101 とにおいて、同じ構成部分については同じ符号を付し、その説明を省略する。よって、以下には、プリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570 において、上述のプリヒート装置 160 及びポストヒート装置 170 と構成上で相違する点、並びに上記帯電の除去、低減動作についてのみ説明する。

上記プリヒート装置 560 は、図 72 及び図 73 に示すように、搬入装置 131 からウエハ保持部 1411 にて保持したバンプ形成前ウエハ 201 を、保持した状態のままプリヒート装置 560 に非接触な状態にて、室温から、ボンディングステージ 110 にてバンプ形成を行うときの上記バンプボンディング用温度である約  $210^{\circ}\text{C}$  付近まで昇温する装置であり、発熱源としてのパネル

ヒータ 161 を有するパネルヒータ枠 162 上に熱拡散部材としてのアルミニウム板 163 を取り付けした構造を有する。尚、上記バンプボンディング用温度の約 210℃は、バンプ形成前ウエハ 201 の材質等により約 150℃～上記約 210℃の間で変更可能である。

5        パネルヒータ 161 による昇温動作は、アルミニウム板 163 の温度を測定する例えば熱電対のような温度センサ 166 からの温度情報を参照しながら制御装置 180 にて制御される。該昇温動作は、本バンプ形成装置 501 における特徴的動作の一つであり、詳細については後述する。又、この特徴的な昇温制御を可能とするため、アルミニウム板 163 には、冷却材通過用の通路 16  
10        4 がジグザグ状に形成されている。本例では、上記冷却材として室温の空気を使用し、制御装置 180 にて動作制御される空気供給装置 165 にて空気が冷却材用通路 164 へ供給される。又、上記冷却材として水を使用することもできる。但し、水を使用する場合、昇降温の応答が遅いため昇降温制御がし難く、水と比べたときには上記空気を使用する方が好ましい。

15        又、バンプ形成前ウエハ 201 は、本例では、プリヒート装置 560 のアルミニウム板 163 との隙間を約 1mm として、ウエハ保持部 1411 にて保持された状態でアルミニウム板 163 上に配置される。よって、アルミニウム板 163 のウエハ対向面には、ウエハ保持部 1411 の保持爪 1417 との干渉を避けるための溝 567 がウエハ保持部 1411 の進行方向に沿って形成され  
20        ている。

      上記ポストヒート装置 570 は、バンプ形成後、ボンディングステージ 110 からウエハ保持部 1421 にて保持したバンプ形成後ウエハ 202 を、保持した状態のままポストヒート装置 570 に非接触な状態にて、上記バンプボンディング用温度の約 210℃付近から室温付近まで徐々に降温するための装置  
25        であり、構造的には上述のプリヒート装置 560 と同様の構造を有する。つまり、ポストヒート装置 570 においても、パネルヒータ 171、パネルヒータ枠 172、アルミニウム板 173、冷却材用通路 174、空気供給装置 175、温度センサ 176、及び溝 577 を有する。よって、図 72 及び図 73 には、

プリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570 の両者における符号を記している。但し、パネルヒータ 171 は、バンプ形成後ウエハ 202 の降温を制御するために制御装置 180 にて動作制御され、該降温制御動作は、本例のバンプ形成装置 501 における特徴的動作の一つであり、詳細については後述する。

又、上記プリヒート装置 560 及び上記ポストヒート装置 570 に備わるアルミニウム板 163、173 における、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 に対向する表面には、絶縁性の遠赤外線輻射塗装を施すのが好ましい。該塗装を行うことで、バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 に対する熱放出性を向上させることができる。

上述のように構成されるプリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570 を備えたバンプ形成装置 501 における動作の内、プリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570 に対して電荷発生半導体基板を接触させずに該電荷発生半導体基板における帯電を除去、低減する動作について、以下に説明する。

尚、上述のバンプ形成装置 101 と同様に、当該バンプ形成装置 501 でも、各構成部分は制御装置 180 にて動作制御がなされることで、バンプ形成前ウエハ 201 にバンプが形成され、そしてバンプ形成後ウエハ 202 が第 2 収納容器 206 へ収納される、という一連の動作が実行される。又、制御装置 180 は、ボンディングステージ 110 にて実行するバンプ形成前ウエハ 201 に対する反り矯正用ブロー動作を制御する。

尚、以下の説明において、ウエハ保持部 1411、1421 に備わる除電用接触部材は、上述した反りを生じる電荷発生半導体基板等、いずれのウエハ、基板に対しても適用可能な、図 13 に示す除電用接触部材 14100 を例に採る。該除電用接触部材 14100 に代えて、上述の除電用接触部材 14107、14113、14116、14120、14121、14122 を使用することもできる。

バンプ形成前ウエハ 201 及びバンプ形成後ウエハ 202 は、昇温に伴い正電荷が発生し、降温に伴い負電荷が発生する。この現象を利用し、プリヒート

動作では、バンプ形成前ウエハ 201 を室温から上記バンプボンディング用温度まで一気に昇温するのではなく、例えば図 7 4 に示すように、昇温、降温を交互に繰り返す温度上昇制御を行い、上記バンプボンディング温度まで昇温する。このようなプリヒート動作を行うことで、昇温により生じた正電荷を、降温により生じる負電荷にて中和することができる。つまり、本例におけるプリヒート動作の基本的な思想は、増加した帯電分をその都度逆帯電により除電することで、バンプボンディング温度まで昇温された時点においても上記初期電荷分の帯電量にするという考え方である。本例におけるプリヒート動作について、より具体的に以下に説明する。

図 7 5 には、上記プリヒート動作全体の動作の流れを示しており、該動作制御は制御装置 180 にて行われる。つまり、ステップ 2101 では、プリヒート装置 560 のアルミニウム板 163 の温度が開始温度か否かが判断され、開始温度にないときには、ステップ 2102 にてパネルヒータ 161 による加熱又は空気供給装置 165 による空気供給による冷却により上記開始温度に調節される。本例では、上記開始温度は 40℃であり、アルミニウム板 163 の温度は上記温度センサ 166 にて測定される。

ステップ 2103 では、昇温傾きを制御して、アルミニウム板 163、つまりバンプ形成前ウエハ 201 の昇温が開始され、ステップ 2104 では昇温目標温度にアルミニウム板 163 が到達したか否かが判断される。尚、本例では、上述のようにバンプ形成前ウエハ 201 の上記バンプボンディング用温度は約 210℃であるので、これに対応してアルミニウム板 163 における上記昇温目標温度は約 200℃である。アルミニウム板 163 が上記昇温目標温度に達していないときには、図 7 6 に示すステップ 2121～ステップ 2124 が実行される。尚、上述のように、上記バンプボンディング用温度は、バンプ形成前ウエハ 201 の材質等に基づいて可変であるので、該バンプボンディング用温度に応じて上記昇温目標温度も変更可能である。

これらステップ 2103、2104、及びステップ 2121～2124 にて実行される温度上昇制御動作にて、本例にて特徴的な動作の一つである、上述

した、昇温、降温を交互に繰り返しながら上記バンプボンディング温度までの昇温動作が実行されることになる。尚、該動作については以下に詳述する。

ステップ 2 1 0 4 にて上記昇温目標温度に達していると判断されたときには、ステップ 2 1 0 5 に移行し、プリヒート動作は完了する。よって、ステップ 2 1 0 6 にてバンプ形成前ウエハ 2 0 1 はボンディングステージ 1 1 0 へ移載される。該移載後、ステップ 2 1 0 7 では、空気供給装置 1 6 5 による空気供給を開始して、アルミニウム板 1 6 3 を上記開始温度まで降温させ、ステップ 2 1 0 8 にて上記開始温度まで降温したか否かが判断される。そして上記開始温度まで降温したときにはステップ 2 1 0 9 にて空気供給装置 1 6 5 の空気供給を停止し、上記開始温度を保持する。そして再びステップ 2 1 0 3 に戻り、次のバンプ形成前ウエハ 2 0 1 のプリヒート動作に備える。

上記ステップ 2 1 0 3、2 1 0 4、及びステップ 2 1 2 1 ~ 2 1 2 4 の上記温度上昇制御動作について説明する。

ステップ 2 1 0 3 では、予め設定された昇温傾きに従いアルミニウム板 1 6 3 を昇温する。尚、本例では 2 0 °C / 分に設定している。ステップ 2 1 0 4 にて、アルミニウム板 1 6 3 が上記昇温目標温度に達していないときには、ステップ 2 1 2 1 へ移行し、降温開始条件を満たしているか否かが判断される。ここで、上記降温開始条件となる物理量としては、アルミニウム板 1 6 3 の温度、昇温開始からの時間、又はバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の裏面 2 0 1 b の帯電量等が考えられ、本例ではアルミニウム板 1 6 3 の温度を使用している。

尚、上記裏面 2 0 1 b の帯電量を使用する場合には、図 7 8 に示すように、上記パネルヒータ 1 6 1、上記パネルヒータ枠 1 6 2、及びアルミニウム板 1 6 3 には、これらを貫通する貫通穴 2 5 2 を複数設けておき、パネルヒータ 1 6 1 の下方に静電センサ 2 5 1 を配置して、貫通穴 2 5 2 を通して静電センサ 2 5 1 にて裏面 2 0 1 b の帯電量を測定する。測定値は制御装置 1 8 0 へ送出され、帯電量が求められる。尚、上記静電センサ 2 5 1 にて裏面 2 0 1 b の帯電量を測定する場合や、後述するようにイオン発生装置 1 9 0 を使用して除電を行うような場合には、静電イオンが導電体に引っ張られ正確に帯電量を測定

したり除電を行うことができなくなるのを防止するために、上記貫通穴 2 5 2 の内面及びその周辺、並びにパネルヒータ 1 6 1、パネルヒータ枠 1 6 2、及びアルミニウム板 1 6 3 の表面は、絶縁材料にてコーティングを施しておくのが好ましい。

5       本例のように上記降温開始条件の物理量としてアルミニウム板 1 6 3 の温度を選択したとき、ステップ 2 1 2 1 では、図 7 7 に符号 2 7 1 にて示す、昇温開始時と現在とにおけるアルミニウム板 1 6 3 の各温度から温度幅を求め該温度幅 2 7 1 が所定値に達しているか否かが判断される。そして上記所定値に達しているときには、次のステップ 2 1 2 2 に移行し、達していないときにはステップ 2 1 0 3 に戻る。

10       本例では、上記温度幅 2 7 1 は 3 0℃に設定している。尚、上記降温開始条件の物理量として「時間」を選択したときには、「時間」の場合には符号 2 7 3 の方がより適切な対応部分と思われるが、符号 2 7 1 は時間に相当し、昇温開始時刻から降温開始時刻までの時間を例えば 2 分に設定可能であり、「帯電量」を選択したときには符号 2 7 1 は帯電量差に相当し、例えば 3 0 0 V ± 1 0 % に設定可能である。

15       ステップ 2 1 2 2 では、空気供給装置 1 6 5 による冷却材用通路 1 6 4 への空気供給を開始して、アルミニウム板 1 6 3 の降温が開始される。このときの降温傾きは予め設定されている。本例では - 3 0℃/分に設定している。

20       次のステップ 2 1 2 3 では、降温目標条件を満たしているか否かが判断される。ここで、上記降温目標条件となる物理量としては、本例における「温度」の他、上述のように「時間」や「帯電量」等がある。本例では、ステップ 2 1 2 3 にて、図 7 7 に符号 2 7 2 にて示す、降温開始時と現在とのアルミニウム板 1 6 3 の各温度から温度幅を求め該温度幅 2 7 2 が所定値に達しているか否かが判断される。そして上記所定値に達しているときには、次のステップ 2 1 2 4 に移行し、達していないときにはステップ 2 1 2 2 に戻る。上記温度幅 2 7 2 は、上記温度幅 2 7 1 未満の値であり温度幅 2 7 1 の約 1 / 2 から約 1 / 3 程度の値であり、本例では 1 5℃に設定している。尚、上記降温目標条件の



物理量として「時間」を選択したときには符号 2 7 2 は時間に相当し、例えば 1 分と設定可能であり、「帯電量」を選択したときには符号 2 7 2 は帯電量差に相当し、例えば  $100\text{ V} \pm 10\%$  と設定可能である。

5        ステップ 2 1 2 4 では、空気供給装置 1 6 5 による冷却材用通路 1 6 4 への空気供給を停止し、アルミニウム板 1 6 3 の降温を停止する。ステップ 2 1 2 4 における動作終了後、再びステップ 2 1 0 3 へ戻る。

10        このように上記ステップ 2 1 0 3、2 1 0 4、及びステップ 2 1 2 1 ~ 2 1 2 4 の温度上昇制御動作により、アルミニウム板 1 6 3、つまりバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の昇温、降温を交互に繰り返しながら上記バンプボンディング温度までの昇温動作が実行されることになる。このように昇、降温を交互に繰り返すことで、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の主に裏面 2 0 1 b における電荷は、昇温により正電荷が増えるが降温により負電荷が生じるので電荷の中和が行われる。実際には、上述のように昇温幅よりも降温幅の方が小さいので、図 7 4 に示すように上記プリヒート動作によりバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の裏面 2 0 1 b には正電荷が蓄積されていくが、帯電量は、昇、降温を交互に繰り返さずに一様に昇温する場合に比べて、大幅に低減することができる。例えば一例として、上記一様に昇温した場合には  $+2000\text{ V}$  を超え、約  $+3000\text{ V}$  程度まで帯電するが、昇、降温を交互に繰り返すことで約  $+100\text{ V}$  程度に抑えることができる。

20        以上のプリヒート動作後、上述のバンプ形成装置 1 0 1 にて説明したステップ 5 に移行する。ステップ 5 では、移動装置 1 4 1 3 にて搬入側移載装置 1 4 1 がプリヒート装置 5 6 0 からボンディングステージ 1 1 0 へ移動され、ウエハ保持部 1 4 1 1 にて保持されているバンプ形成前ウエハ 2 0 1 がボンディングステージ 1 1 0 に載置される。尚、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 の裏面 2 0 1 b が、金属材料にてなる、ボンディングステージ 1 1 0 のウエハ載置台 1 1 1 に接触するとき、裏面 2 0 1 b に蓄積された電荷の一部がウエハ載置台 1 1 1 へアースされ、又、裏面 2 0 1 b に蓄積された電荷の一部は上記表面 2 0 1 a 側に移動することもある。しかしながら本例では、プリヒート動作のとき上述

した温度上昇制御を行っているので、表面 201 a 及び裏面 201 b、特に裏面 201 b における帯電量は、上記温度上昇制御を行っていない従来に比べて低減されている。さらに又、上記表面 201 a に除電用接触部材 14100 を接触させている。よって、表面 201 a におけるスパークの発生を防止することができる。尚、上記裏面 201 b の帯電量は、上記ウエハ載置台 111 へのアース、及びプリヒート装置 560 から外れることでバンパ形成前ウエハ 201 が若干、温度低下することによる負電荷の増加により、図 74 に符号 302 にて示すように低下する。

バンパ形成前ウエハ 201 は、ボンディングステージ 110 に載置された後、ボンディングステージ 110 に備わり制御装置 180 にて動作制御されるヒータ 112 にて上記バンパボンディング用温度に加熱されながらバンパ形成前ウエハ 201 上の回路における、例えば図 88 に示すような電極部分 18 へバンパ形成ヘッド 120 にてバンパ 19 が形成される。

次に、バンパ形成後、ボンディングステージ 110 上からバンパ形成後ウエハ 202 は搬出される。つまり、ボンディングステージ 110 の上方に配置され駆動部 1422 にて第 1 保持部材 1424 及び第 2 保持部材 1425 が開かれ、次にボンディングステージ 110 のウエハ載置台 111 を上昇させる。該上昇動作により、バンパ形成後ウエハ 202 の表面 202 a に除電用部材 1426 に備わる除電用接触部材 14100 がまず接触する。次に、上記駆動部 1422 にて第 1 保持部材 1424 及び第 2 保持部材 1425 を閉じた後、ボンディングステージ 110 のウエハ載置台 111 を下降させることで、バンパ形成後ウエハ 202 は搬出側移載装置 142 のウエハ保持部 1421 に保持される。

ウエハ保持部 1421 にて保持されたバンパ形成後ウエハ 202 は、搬出側移載装置 142 の移動装置 1423 の駆動にてウエハ保持部 1421 が X 方向に移動することで、図 71 に示すように、ポストヒート装置 570 の上方に配置される。

上記図 27 に示す、次のステップ 7 では、ポストヒート装置 570 にてバン

プ形成後ウエハ 2 0 2 を加熱することで該ウエハ 2 0 2 の降温を制御しながら、約 2 1 0 °C の上記バンプボンディング用温度から、室温を 1 0 °C 程上回る温度までバンプ形成後ウエハ 2 0 2 のポストヒートを行う。

しかしながら、上述のプリヒート動作と同様に、降温動作によるバンプ形成後ウエハ 2 0 2 に生じる温度変化に伴い、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 には電荷が発生し、図 7 4 に符号 3 0 3、3 0 4 にて示すように、その表面 2 0 2 a 及び裏面 2 0 2 b は帯電を起こす。

そこで、上記ポストヒート動作においても、上述したプリヒート動作の場合と同様に、降温、昇温を交互に繰り返す、温度降下制御を行うことで、特に裏面 2 0 2 b の帯電量を抑える。尚、表面 2 0 2 a には、除電用接触部材 1 4 1 0 0 が接触しており、表面 2 0 2 a の帯電はアースされる。

図 7 9 には、上記ポストヒート動作全体の動作の流れを示しており、該動作制御は制御装置 1 8 0 にて行われる。つまり、ステップ 2 1 3 1 では、ポストヒート装置 5 7 0 のアルミニウム板 1 7 3 の温度が開始温度か否かが判断され、開始温度にないときには、ステップ 2 1 3 2 にてパネルヒータ 1 7 1 による加熱又は空気供給装置 1 7 5 による空気供給による冷却により上記開始温度に調節される。本例では、上記開始温度は約 2 0 0 °C であり、アルミニウム板 1 7 3 の温度は上記温度センサ 1 7 6 にて測定される。

ステップ 2 1 3 3 では、降温傾きを制御して、上記空気供給装置 1 7 5 による空気供給によりアルミニウム板 1 7 3、つまりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の降温が開始され、ステップ 2 1 3 4 では降温目標温度にアルミニウム板 1 7 3 が到達したか否かが判断される。尚、本例では、アルミニウム板 1 7 3 における上記降温目標温度は、4 0 °C である。アルミニウム板 1 7 3 が上記降温目標温度に達していないときには、図 8 0 に示すステップ 2 1 5 1 ~ ステップ 2 1 5 4 が実行される。

これらステップ 2 1 3 3、2 1 3 4、及びステップ 2 1 5 1 ~ 2 1 5 4 にて実行される動作にて、本例にて特徴的な動作の一つである、上述した、降温、昇温を交互に繰り返しながら上記降温目標温度までの降温動作が実行されるこ

とになる。尚、該温度降下制御動作については以下に詳述する。

ステップ 2 1 3 4 にて上記降温目標温度に達していると判断されたときには、ステップ 2 1 3 5 に移行し、ポストヒート動作は完了する。よって、ステップ 2 1 3 6 にてバンプ形成後ウエハ 2 0 2 は搬出装置 1 4 2 へ移載される。該移  
5 載後、ステップ 2 1 3 7 では、パネルヒータ 1 7 1 への通電を開始し、アルミニウム板 1 7 3 を上記開始温度まで昇温させ、ステップ 2 1 3 8 にて上記開始温度まで昇温したか否かが判断される。そして上記開始温度まで昇温したときにはステップ 2 1 3 9 にてパネルヒータ 1 7 1 への通電を停止し、上記開始温度を保持する。そして再びステップ 2 1 3 3 に戻り、次のバンプ形成後ウエハ  
10 2 0 2 のポストヒート動作に備える。

上記ステップ 2 1 3 3、2 1 3 4、及びステップ 2 1 5 1 ~ 2 1 5 4 における上記温度降下制御動作について説明する。

ステップ 2 1 3 3 では、予め設定された上記降温傾きに従いアルミニウム板 1 7 3 を降温する。尚、上記降温傾きは、本例では  $-20^{\circ}\text{C}/\text{分}$  に設定している。ステップ 2 1 3 4 にて、アルミニウム板 1 7 3 が上記降温目標温度に達し  
15 ていないときには、ステップ 2 1 5 1 へ移行し、昇温開始条件を満たしているか否かが判断される。ここで、上記昇温開始条件となる物理量としては、上述のプリヒート動作制御の場合と同様に、アルミニウム板 1 7 3 の温度や、降温開始からの時間や、又はバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏面 2 0 2 b の帯電量等  
20 が考えられ、本例ではアルミニウム板 1 7 3 の温度を使用している。

尚、上記裏面 2 0 2 b の帯電量を使用する場合には、上記プリヒート動作制御の説明の際に参照した図 7 8 に示すように、アルミニウム板 1 7 3 等に貫通  
穴 2 5 2 を複数設け、パネルヒータ 1 7 1 の下方に静電センサ 2 5 1 を配置して、貫通穴 2 5 2 を通して静電センサ 2 5 1 にて裏面 2 0 2 b の帯電量を測定  
25 する。測定値は制御装置 1 8 0 へ送出され、帯電量が求められる。

本例のように上記昇温開始条件の物理量としてアルミニウム板 1 6 3 の温度を選択したとき、ステップ 2 1 5 1 では、図 8 1 に符号 2 7 5 にて示す、降温開始時と現在とのアルミニウム板 1 6 3 の各温度から温度幅を求め該温度幅 2

75が所定値に達しているか否かが判断される。そして上記所定値に達しているときには、次のステップ2152に移行し、達していないときにはステップ2133に戻る。

5 本例では、上記温度幅275は30℃に設定している。尚、上記昇温開始条件の物理量として「時間」を選択したときには符号275は時間に相当し、例えば2分に設定可能であり、「帯電量」を選択したときには符号275は帯電  
量差に相当し、例えば300V±10%に設定可能である。

10 ステップ2152では、ポストヒート装置570のパネルヒータ171への通電を開始して、アルミニウム板173の昇温が開始される。このときの昇温傾きは予め設定されている。本例では、+30℃/分に設定している。尚、パネルヒータ171への通電開始に対応して上記空気供給装置175による空気供給は停止する。

15 次のステップ2153では、昇温目標条件を満たしているか否かが判断される。ここで、上記昇温目標条件となる物理量としては、本例における「温度」  
15 の他、上述のように「時間」や「帯電量」等がある。本例では、ステップ2153にて、図81に符号276にて示す、昇温開始時と現在とのアルミニウム板173の各温度から温度幅を求め該温度幅276が所定値に達しているか否  
20 かが判断される。そして上記所定値に達しているときには、ステップ2154に移行し、達していないときにはステップ2152に戻る。上記温度幅276  
20 は、上記温度幅275未満の、温度幅275の約1/2から約1/3程度の値であり、本例では15℃に設定している。尚、上記昇温目標条件の物理量として「時間」を選択したときには符号276は時間に相当し、例えば1分間に設  
25 定可能であり、「帯電量」を選択したときには符号276は帯電量差に相当し、例えば100V±10%に設定可能である。

25 ステップ2154では、ポストヒート装置570のパネルヒータ171への通電を停止し、アルミニウム板173の昇温を停止する。ステップ2154における動作終了後、再びステップ2133へ戻る。

このように上記ステップ2133、2134、及びステップ2151～21

5 4 の温度降下制御動作により、アルミニウム板 1 7 3、つまりバンプ形成後  
ウエハ 2 0 2 の降温、昇温を交互に繰り返しながら上記降温目標温度までの降  
温動作が実行されることになる。このように降、昇温を交互に繰り返すことで、  
バンプ形成後ウエハ 2 0 2 の主に裏面 2 0 2 b における電荷は、降温により負  
5 電荷が増えるが昇温により正電荷が生じるので電荷の中和が行われる。実際に  
は、上述のように降温幅よりも昇温幅の方が小さいので、図 7 4 に符号 3 0 3  
にて示すように、上記ポストヒート動作によりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏  
面 2 0 2 b には負電荷が蓄積されていくが、帯電量は、降、昇温を交互に繰り  
返さずに一様に降温する場合に比べて、大幅に低減することができる。例えば  
10 一例として、上記一様に降温した場合には約  $-2000\text{ V}$  ～約  $-3000\text{ V}$  程  
度まで帯電するが、降、昇温を交互に繰り返すことで約  $-100\text{ V}$  程度に抑え  
ることができる。

上記ポストヒート動作後、上記図 2 7 のステップ 8 へ移行し以下の動作が実  
行される。搬出側移載装置 1 4 2 のウエハ保持部 1 4 2 1 は、バンプ形成後ウ  
15 エハ 2 0 2 を保持した状態にて、移動装置 1 4 2 3 の駆動により X 方向に沿っ  
て搬出装置 1 3 2 の上方へ移動する。移動後の状態を上記図 5 6 に示している。

上記移動後、搬出装置 1 3 2 の駆動部 1 3 2 4 が動作し、上記図 5 7 に示す  
ように、保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏面 2 0 2 b に接触し、  
かつバンプ形成後ウエハ 2 0 2 がウエハ保持部 1 4 2 1 の保持爪 1 4 1 7 から  
20 約 1 mm 程浮き上がるように上昇する。保持部 1 3 2 3 が上記裏面 2 0 2 b に  
接触することで、裏面 2 0 2 b の帯電が保持部 1 3 2 3 を通じてアースされる  
ことから、図 7 4 に符号 3 0 5 にて示すように裏面 2 0 2 b の帯電量は減少す  
る。又、上記上昇のときにも、除電用接触部材 1 4 1 0 0 はバンプ形成後ウエ  
ハ 2 0 2 の表面 2 0 2 a に接触した状態を維持している。よって、搬入装置 1  
25 3 1 及びボンディングステージ 1 1 0 におけるウエハ 2 0 1、2 0 2 の受け渡  
しの場合と同様に、保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 の裏面 2 0 2  
b の接触することで、裏面 2 0 2 b の帯電量が変化することに伴い表面 2 0 2  
a の電荷に変化が生じたときでも、該変化分の電荷を除去することができる。

又、上記上昇後、保持部 1 3 2 3 は吸着動作によりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持する。

保持部 1 3 2 3 がバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持した後、上記図 5 8 に示すように、ウエハ保持部 1 4 2 1 の第 1 保持部材 1 4 2 4 及び第 2 保持部材 1 4 2 5 が駆動部 1 4 2 2 により開き、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 の保持を解除する。

上記保持解除後、上記図 5 9 及び図 6 0 に示すように、上記保持部 1 3 2 3 が下降しバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持台 1 3 2 1 上に載置する。該載置後、保持台 1 3 2 1 は、本例では吸着動作によりバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持する。

上記図 2 7 に示す、次のステップ 9 では、バンプ形成後ウエハ 2 0 2 を保持した上記保持台 1 3 2 1 が搬出装置用移動装置 1 3 2 2 の動作により X 方向に移動しバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を第 2 収納容器 2 0 6 側へ搬送する。

そして、次のステップ 1 0 では、保持台 1 3 2 1 はバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を第 2 収納容器 2 0 6 へ収納する。

以上説明したように、本例のバンプ形成装置 5 0 1 によれば、電荷発生半導体基板、例えば圧電基板ウエハのように温度変化に伴い電荷を発生するウエハに対して、例えばウエハのダイシングラインに沿ってアルミニウム膜を形成したり、ウエハ裏面全面にアルミニウム膜を形成したりすることなく、上記ウエハに対する上記温度上昇制御及び温度降下制御により当該ウエハに発生する電荷を、当該ウエハに形成されている回路に損傷を与えない程度、及び当該ウエハ自体に割れ等が生じない程度にまで低減することができる。

特に、ウエハの厚みが 0. 2 mm 以下である場合や、ウエハ上に形成されている回路の線間距離が 1  $\mu$  m より小さく特に隣接する線の線幅の差が大きい場合には、上述したプリヒート動作及びポストヒート動作における温度上昇制御及び温度降下制御を行うことにより、大きな除電効果を得ることができる。

尚、上述した変形例におけるバンプ形成装置 5 0 1 では、上記プリヒート動作における上記昇温傾きは 2 0  $^{\circ}$ C / 分の一定値に、上記ポストヒート動作にお

ける上記降温傾きは $-20^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の一定値にそれぞれ設定したが、これに限定されるものではない。例えば、プリヒート動作及びポストヒート動作における開始及び終了付近と、中間付近とで傾き値を異ならせてもよい。

又、バンプを形成するウエハの種類毎、つまりその材質、大きさ等毎に、上記プリヒート動作における上記昇温傾き値、上記昇温目標温度や、上記降温開始温度や、降温傾き値や、上記降温目標値を設定し、及び上記ポストヒート動作における上記降温傾き値、上記降温目標温度や、上記昇温開始温度や、昇温傾き値や、上記昇温目標値を設定し、制御装置180に備わる記憶装置181に予め記憶させておき、処理するウエハの種類に応じて制御を変更するように構成することもできる。

又、本例においても上述のように、バンプ形成前ウエハ201に対する昇温時及びバンプ形成後ウエハ202に対する降温時の両方において、特有の温度制御を行ったが、本例においても最低限、上記バンプボンディング用温度から室温までの降温時のみに上記温度降下制御を行えばよい。なぜならば、上述したようにウエハ201、202は一旦帯電するとなかなか除電されないという特質を有し、上記バンプボンディング用温度から室温までの降温後、ウエハ202は第2収納容器206に収納されることから帯電状態ままでは不具合発生の要因にも成りかねないことから、除電を十分に行っておく必要があるからである。

又、上述のバンプ形成装置101の場合と同様に本例においても、上記図61に示すように、搬出側移載装置142のウエハ保持部1421から搬出装置132へのバンプ形成後ウエハ202の受渡し動作の間、バンプ形成後ウエハ202の少なくとも裏面202b側、好ましくはさらに表面202a側をも加えた両面側に、イオン発生装置190を設けるのが好ましい。

さらに、ウエハ保持部1421から搬出装置132へのバンプ形成後ウエハ202の受け渡し動作前の、上記ポストヒート動作においてもより効率的に除電を行うため、図82に示すように、上記イオン発生装置190によるイオンをバンプ形成後ウエハ202の少なくとも裏面202b側、好ましくはさらに



表面 202 a 側をも加えた両面側に作用させるのが好ましい。さらに上記送風装置 191 を併設することで、より効果的な除電が行える。又、少なくとも裏面 202 b、好ましくはさらに表面 202 a をも加えた両面の帯電量を静電センサ 251 にて測定しながら、測定された帯電量に基づき制御装置 180 にて  
5 上記イオン発生装置 190 のイオン発生量や、送風装置 191 の送風量を制御するようにしてもよい。

尚、裏面 202 b へ上記イオンを作用させるためには、上記ポストヒート装置 570 の上記パネルヒータ 171 の下方にイオン発生装置 190 を配置するため、図 82 に示すように、図 78 を参照し上述した貫通穴 252 を設ける必要  
10 がある。

さらには、上記プリヒート動作においても上記イオン発生装置 190 によるイオンをバンプ形成前ウエハ 201 の少なくとも裏面 201 b 側、好ましくはさらに表面 201 a 側をも加えた両面側に作用させる構成を採ることもできる。又、該構成に上記送風装置 191 や静電センサ 251 を併設してもよい。この  
15 ように構成することで、プリヒート動作のときにも、より効率的に除電を行うことができる。尚、裏面 201 b へ上記イオンを作用させるため、上記プリヒート装置 560 には、図 83 に示すように、上記貫通穴 252 を設ける必要がある。

又、上記図 62 及び図 63 を参照して説明した場合と同様に、本例のバンプ形成装置 501 においても、プリヒート装置 560 及びポストヒート装置 570 の設置を省略した構成を採ることもでき、図 84 に示す動作を実行する。即ち、ウエハ載置台 111 から約 1 ～ 数 mm 離れた状態に、上記バンプ形成前ウエハ 201 のような電荷発生半導体基板を配置してプリヒート動作を行い、該  
20 プリヒート動作後、上記電荷発生半導体基板をウエハ載置台 111 上に載置してボンディング動作を行い、該ボンディング動作後、再びウエハ載置台 111 に非接触な状態に上記電荷発生半導体基板を配置してポストヒート動作を行う場合の動作を示している。図 84 のステップ 2201 では、例えば上記搬入側移載装置 141 のような移載装置 143 を使用して、電荷発生半導体基板とし  
25

てのバンプ形成前ウエハ 2 0 1 を搬送装置 1 3 0 からボンディングステージ 1 1 0 のウエハ載置台 1 1 1 の上方へ配置する。尚、このときウエハ載置台 1 1 1 は約 4 0 °C 程度の温度である。

5       ステップ 2 2 0 3 では、上述のように、2 0 °C / 分の昇温速度にて、昇温、  
降温を繰り返しながらバンプ形成前ウエハ 2 0 1 の昇温が行われる。

      次のステップ 2 2 0 5 にてブロー装置 1 1 5 を動作させてウエハ載置台 1 1 1 の空気出入孔 1 1 3 から熱風をバンプ形成前ウエハ 2 0 1 へ吹き付け、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 に帯電している電荷を空中へ放電させることで除電を行う。該除電用ブロー動作後、ステップ 2 2 0 6 にて、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 をウエハ載置台 1 1 1 上に移載し、吸引装置 1 1 4 を動作させてバンプ形成前ウエハ 2 0 1 をウエハ載置台 1 1 1 上に吸着する。

      次のステップ 2 2 0 7 では、バンプ形成前ウエハ 2 0 1 へバンプボンディングを行う。

15       次のステップ 2 2 0 9 では、ウエハ載置台 1 1 1 を上昇させて上記電荷発生半導体基板を移載装置 1 4 3 に保持させ、電荷発生半導体基板とウエハ載置台 1 1 1 との隙間が約 1 ~ 数 mm となるようにウエハ載置台 1 1 1 を下降させる。そして、ウエハ載置台 1 1 1 の温度を約 2 1 0 °C から約 4 0 °C まで、例えば上記 2 0 °C / 分の降温速度にて、降温と昇温とを繰り返しながら降下させる。又、このとき、ステップ 2 2 0 5 にて行った除電用ブロー動作を並行して行うこともできる。そして、ステップ 2 2 1 0 では、上記移載装置にてウエハ載置台 1 1 1 から搬出装置 1 3 2 へバンプ形成後ウエハ 2 0 2 を移載する。

25       又、プリヒート装置 5 6 0 及びポストヒート装置 5 7 0 を備えたバンプ形成装置 5 0 1 においてプリヒート装置 5 6 0 及びポストヒート装置 5 7 0 にそれぞれ上記ブロー装置を設けた構造を採ることで、上述した除電用ブロー動作は、プリヒート装置 5 6 0 及びポストヒート装置 5 7 0 を備えたバンプ形成装置 5 0 1 におけるプリヒート動作及びポストヒート動作においても、上記ブロー装置を動作させて気体を噴出させて実行することもできる。

      このように除電用ブロー動作を行うことで、上記電荷発生半導体基板の除電

を行うことができ、特に、上記電荷発生半導体基板の裏面に溝 14 が形成されているときには、該溝 14 内の電荷を効率的に空中に放電させることができる。よって、上記電荷発生半導体基板に対する、昇、降温によるジグザグの温度制御と並行して、さらには上記イオンブロー動作と並行して上記除電用ブロー動作を実行することで、より効率的に上記電荷発生半導体基板の除電を行うことができる。

又、本例のバンプ形成装置 501 においても、上述のサブプレートを用いて処理を行うこともできる。

明細書、請求の範囲、図面、要約書を含む 1999 年 7 月 2 日に出願された日本特許出願第 11-189053 号、1999 年 10 月 29 日に出願された日本特許出願第 11-308855 号、1999 年 10 月 15 日に出願された日本特許出願第 11-293702 号、1999 年 11 月 15 日に出願された日本特許出願第 11-323979 号、及び 2000 年 6 月 20 日に出願された日本特許出願第 2000-184467 号に開示されたものの総ては、参考としてここに総て取り込まれるものである。

本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

## 請 求 の 範 囲

1. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板（201、202）  
5 がバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度に加熱された状態にて、  
上記電荷発生半導体基板上の回路に形成されている電極上に上記バンプを形成  
するバンプ形成ヘッド（120）を備えた電荷発生半導体基板用バンプ形成装  
置であって、

上記加熱された上記電荷発生半導体基板へのバンプのボンディングの後、上  
10 記電荷発生半導体基板を冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷発  
生半導体基板に生じた電荷を除去する加熱冷却装置（110、160、17  
0）と、

上記ボンディング後に上記電荷発生半導体基板を冷却するための温度降下制  
御を上記加熱冷却装置に対して行う制御装置（180）と、  
15 を備えた電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

2. 上記加熱冷却装置は、上記冷却を行うとき、上記電荷発生半導体基板の  
回路形成面である表面（202a）に対向する裏面（202b）に接触して、  
上記冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する、  
請求項1記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

20 3. 上記加熱冷却装置は、上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディン  
グ用温度に加熱する前に上記バンプボンディング用温度付近まで上記電荷発生  
半導体基板のプリヒート動作をさらに行い、かつ上記プリヒート動作による温  
度上昇にて上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を上記電荷発生半導体基板の  
上記裏面に接触して除去し、

25 上記制御装置は、さらに、上記プリヒート動作を行うための温度上昇制御を  
上記加熱冷却装置に対して行う、請求項2記載の電荷発生半導体基板用バンプ  
形成装置。

4. 上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半

導体基板を加熱するバンプボンディングステージ（１１０）と、上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う冷却装置（１７０）と、を備えた、請求項３記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

５      ５．    上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半導体基板を加熱するバンプボンディングステージ（１１０）と、上記制御装置による上記温度上昇制御に従い上記電荷発生半導体基板の上記プリヒート動作を行うプリヒート装置（１６０）と、を備えた、請求項３記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

１０      ６．    上記冷却装置は、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する熱拡散部材（１６３、１７３）と、上記熱拡散部材に対して着脱自在であり上記熱拡散部材を昇温する加熱部（１６１、１７１）と、上記熱拡散部材と上記加熱部とを分離させ上記熱拡散部材の冷却を促進させる分離装置（１６０１、１７０１）と、を有する請求項４記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

１５      ７．    上記プリヒート装置は、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する熱拡散部材（１６３、１７３）と、上記熱拡散部材に接触し上記熱拡散部材を昇温する加熱部（１６１、１７１）と、上記熱拡散部材と上記加熱部とを分離させ上記熱拡散部材の冷却を促進させる分離装置（１６０１、１７０１）と、を有する請求項５記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

２０      ８．    上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に対して気体を供給する気体供給装置（１１５、１６１１、１７１１）をさらに備え、

２５           上記制御装置は、上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に生じた反りを矯正するための反り矯正動作制御を上記気体供給装置及び上記加熱冷却装置のいずれか一方に対して行う、請求項２記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

         ９．    上記制御装置は、上記加熱冷却装置に載置された上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するための除電用ブロー動作制御を上記気体供給装置に対して行う、請求項８記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

10. 上記電荷発生半導体基板の上記表面に接触し、上記表面に生じた分の電荷を除去する除電用接触部材（14100、14161）をさらに備えた、請求項2記載の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置。

11. 上記電荷発生半導体基板に蓄積された電荷を中和するイオンを発生するイオン発生装置（190）をさらに備えた、請求項2記載の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置。

12. 上記電荷発生半導体基板を保持する保持爪（1417）を有し該保持爪にて上記電荷発生半導体基板を保持するとともに上記電荷発生半導体基板の上記加熱冷却装置への搬送を行うウエハ保持部（1411、1421）をさらに備え、上記ウエハ保持部及び上記保持爪において、上記イオン発生装置から発生した上記イオンが作用する箇所には絶縁材料にてコーティング（14172、14174）を施している、請求項11記載の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置。

13. 上記加熱冷却装置において、上記電荷発生半導体基板の上記裏面に接触する部分には、当該加熱冷却装置と上記電荷発生半導体基板との熱伝達率を向上し上記電荷発生半導体基板の除電を図る金属メッキ（261）を施している、請求項2記載の電荷発生半導体基板用バンパ形成装置。

14. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板上の回路に形成されている電極上にバンパを形成するに必要なバンパボンディング用温度に加熱されて当該電荷発生半導体基板へのバンパのボンディングが行われた後、上記電荷発生半導体基板を冷却するとき、

上記冷却による温度降下にて上記電荷発生半導体基板に生じる電荷を当該電荷発生半導体基板を載置する載置部材を介してアースして除電を行う、電荷発生半導体基板の除電方法。

15. 上記載置部材に載置されている上記電荷発生半導体基板に対して気体を吹き付けて上記電荷発生半導体基板に生じた電荷をさらに除電する、請求項14記載の電荷発生半導体基板の除電方法。

16. 上記電荷発生半導体基板に蓄積された電荷を中和するイオンを上記電

荷発生半導体基板へさらに作用させる、請求項 1 4 記載の電荷発生半導体基板の除電方法。

1 7. 上記電荷発生半導体基板の回路形成面に除電用接触部材（1 4 1 0 0）を接触させ、上記電荷発生半導体基板の上記回路形成面に生じた電荷をさらに除去する、請求項 1 4 記載の電荷発生半導体基板の除電方法。

1 8. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板を加熱後冷却するとき、当該電荷発生半導体基板の回路形成面である表面（2 0 2 a）に対向する裏面（2 0 2 b）に接触して、上記冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する加熱冷却装置（1 1 0、1 6 0、1 7 0）と、

上記電荷発生半導体基板を冷却するための温度降下制御を上記加熱冷却装置に対して行う制御装置（1 8 0）と、

を備えた電荷発生半導体基板用除電装置。

1 9. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板（2 0 1、2 0 2）の回路形成面である表面（2 0 2 a）に形成され、当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去するため導体にてなる電荷除去用領域（1 4 1 6 5）と、

上記電荷除去用領域に接続され、かつ上記表面に形成された回路形成部分（2 1 1）を当該電荷発生半導体基板より切り分けるためのダイシングライン（2 1 2）と、

を備えた電荷発生半導体基板。

2 0. 請求項 1 9 記載の電荷発生半導体基板に、請求項 1 0 記載の除電用接触部材（1 4 1 0 0、1 4 1 6 1）を接触させて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する電荷発生半導体基板の除電方法。

2 1. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板（2 0 1、2 0 2）に帯電した電荷の除去を行ない、帯電量が±2 0 0 V以下である電荷発生半導体基板。

2 2. 請求項 1 4 から 1 7 のいずれかに記載の除電方法にて上記電荷の除去が行なわれた、請求項 2 1 記載の電荷発生半導体基板。

2 3. 請求項 1 8 記載の電荷発生半導体基板用除電装置にて上記電荷の除去

が行なわれた、請求項 2 1 記載の電荷発生半導体基板。

2 4. 請求項 2 0 記載の除電方法にて上記電荷の除去が行なわれた、請求項 2 1 記載の電荷発生半導体基板。

5 2 5. 上記制御装置にて行われる上記温度降下制御は、上記冷却による温度降下にて上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する温度降下制御であり、  
上記加熱冷却装置は、上記電荷発生半導体基板に対して非接触な状態にて上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディング用温度に加熱するとともに、  
上記非接触な状態にて上記ボンディング後に上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う、請求項 1 記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。  
10

2 6. 上記温度降下制御は、降温と、該降温における下降温度幅未満の温度幅による昇温とを交互に繰り返し行う、請求項 2 5 記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

15 2 7. 上記加熱冷却装置における上記電荷発生半導体基板の上記バンプボンディング用温度への加熱は、上記バンプボンディング用温度付近まで上記電荷発生半導体基板を予め加熱するプリヒート動作を含み、

上記制御装置は、さらに、上記プリヒート動作による温度上昇にて生じ上記電荷発生半導体基板に生じる電荷を除去する温度上昇制御を上記加熱冷却装置に対して行う、請求項 2 5 記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

20 2 8. 上記温度上昇制御は、昇温と、該昇温における上昇温度幅未満の温度幅による降温とを交互に繰り返し行う、請求項 2 7 記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

25 2 9. 上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半導体基板を加熱するバンプボンディングステージ（1 1 0）と、上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う冷却装置（1 7 0）と、を備えた、請求項 2 5 記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

3 0. 上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生



半導体基板を加熱するバンプボンディングステージ（１１０）と、上記制御装置による上記温度上昇制御に従い上記電荷発生半導体基板の上記プリヒート動作を行うプリヒート装置（１６０）と、を備えた、請求項２７記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

５        ３１．    上記電荷発生半導体基板の電荷を中和するイオンを発生し上記電荷発生半導体基板へ作用させるイオン発生装置（１９０）を上記冷却装置に配置された上記電荷発生半導体基板に対向して設置した、請求項２９記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

１０       ３２．    上記加熱冷却装置は、上記バンプボンディング用温度に上記電荷発生半導体基板を加熱するバンプボンディングステージ（１１０）と、上記電荷発生半導体基板を上記バンプボンディング用温度に加熱する前に上記電荷発生半導体基板に非接触な状態にて上記バンプボンディング用温度付近まで上記電荷発生半導体基板のプリヒート動作を行い、該プリヒート動作による温度上昇にて上記電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する温度上昇制御が上記制御装置にてなされるプリヒート装置（１６０）とを備え、上記イオン発生装置を、  
１５       さらに、上記プリヒート装置に配置された上記電荷発生半導体基板に対向して設置した、請求項３１記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

          ３３．    上記電荷発生半導体基板を保持する保持爪（１４１７）を有し該保持爪にて上記電荷発生半導体基板を保持するとともに上記電荷発生半導体基板の上記加熱冷却装置への搬送を行うウエハ保持部（１４１１、１４２１）をさらに備え、上記ウエハ保持部及び上記保持爪において、上記イオン発生装置から発生した上記イオンが作用する箇所には絶縁材料にてコーティングを施している、請求項３１記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。  
２０

          ３４．    上記冷却装置は、上記電荷発生半導体基板に対向して配置され上記電荷発生半導体基板との対向面には遠赤外線輻射塗料を塗布した熱拡散部材（１  
２５       ７３）を備える、請求項２９記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

          ３５．    上記プリヒート装置は、上記電荷発生半導体基板に対向して配置され上記電荷発生半導体基板との対向面には遠赤外線輻射塗料を塗布した熱拡散部

材（１６３）を備える、請求項３０記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

３６． 上記バンプボンディングステージに接続され、上記バンプボンディングステージに載置された上記電荷発生半導体基板に対して当該電荷発生半導体  
5 基板の反りを矯正する反り矯正装置（１１５）をさらに備えた、請求項２９記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

３７． 上記制御装置は、さらに、上記バンプボンディングステージに対して、  
上記バンプボンディングステージに載置された上記電荷発生半導体基板に対し  
て当該電荷発生半導体基板の反りを矯正する反り矯正用温度制御を行う、請求  
10 項２９記載の電荷発生半導体基板用バンプ形成装置。

３８． 上記バンプボンディングステージに接続され、上記バンプボンディング  
ステージに載置された上記電荷発生半導体基板に対して当該電荷発生半導体  
基板に帯電している電荷を除去するための気体供給を行う気体供給装置（１１  
5 ５）をさらに備え、上記制御装置は、さらに、上記気体供給装置に対して電荷  
除去用の気体供給動作制御を行う、請求項２９記載の電荷発生半導体基板用バ  
ンブ形成装置。

３９． 上記電荷発生半導体基板の回路形成面である表面（２０２ａ）に接触  
し、上記電荷発生半導体基板の上記表面に生じた分の電荷を除去する除電用接  
触部材（１４１００、１４１０７、１４１１３、１４１１６、１４１２０、１  
20 ４１２１、１４１２２、１４１６１）をさらに備えた、請求項２５記載の電荷  
発生半導体基板用バンプ形成装置。

４０． 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板上の回路に形成さ  
れている電極上にバンプを形成するに必要なバンプボンディング用温度に加熱  
されて当該電荷発生半導体基板へのバンプのボンディングが行われた後、上記  
25 電荷発生半導体基板に非接触な状態にて配置され上記電荷発生半導体基板を加  
熱して上記電荷発生半導体基板の降温を調整する冷却装置（１７０）を用いて  
上記電荷発生半導体基板を冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷  
発生半導体基板に生じる電荷を除去する温度降下制御を上記冷却装置に対して

行う、バンプ形成装置にて実行される電荷発生半導体基板の除電方法。

4 1. 上記温度降下制御は、降温と、該降温における下降温度幅未満の温度幅による昇温とを交互に繰り返し行う、請求項 4 0 記載の電荷発生半導体基板の除電方法。

- 5 4 2. 温度変化に伴い電荷を発生する電荷発生半導体基板を加熱後冷却するとき、該冷却による温度降下にて当該電荷発生半導体基板に生じた電荷を除去する温度降下制御を行う制御装置（1 8 0）と、

10 上記電荷発生半導体基板に対して非接触な状態にて、上記電荷発生半導体基板を加熱するとともに、該加熱後に上記制御装置による上記温度降下制御に従い上記電荷発生半導体基板の冷却を行う加熱冷却装置（1 1 0、1 6 0、1 7 0）と、

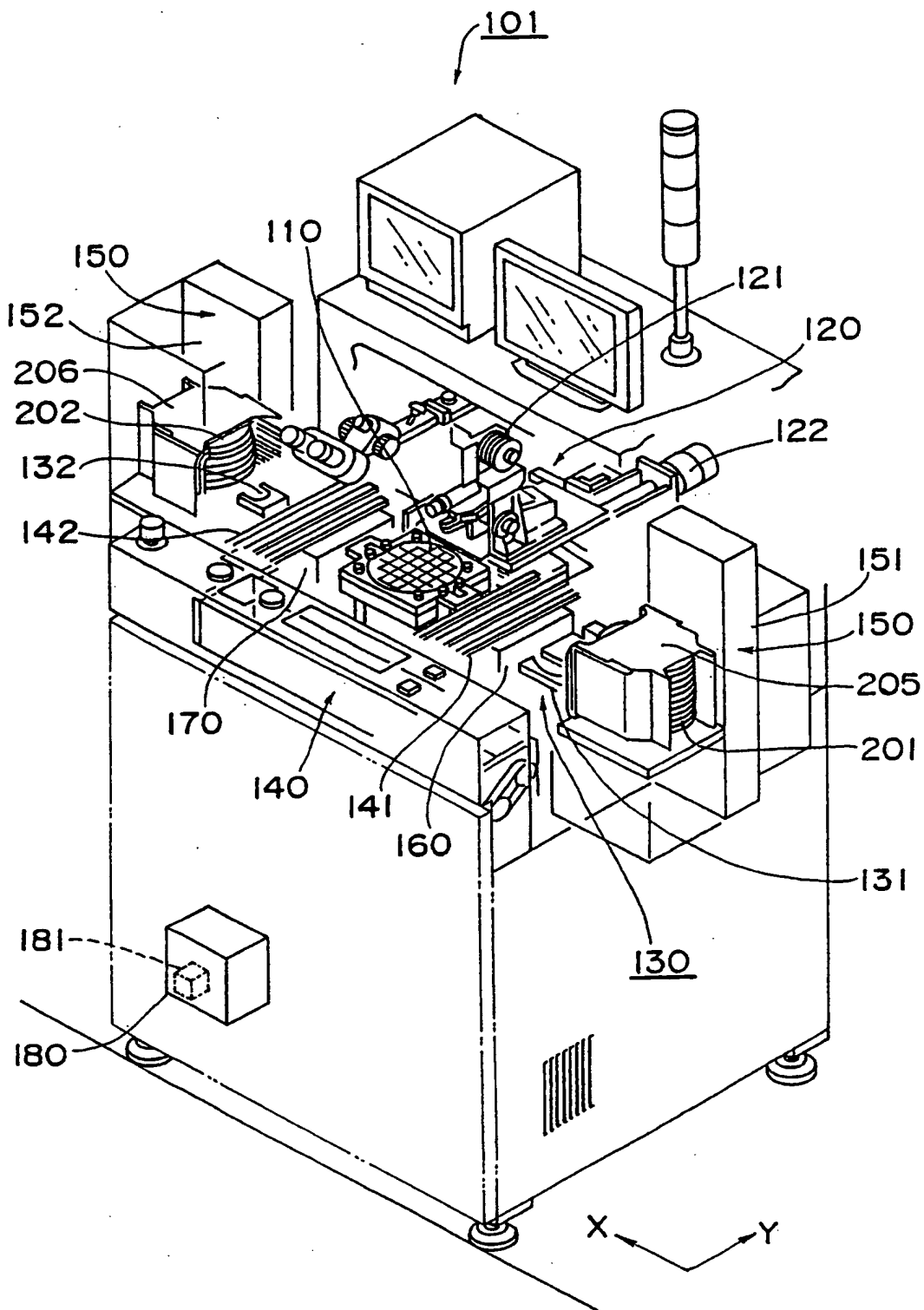
を備えた電荷発生半導体基板用除電装置。

4 3. 請求項 4 0 記載の電荷発生半導体基板除電方法にて上記電荷の除去が行われた電荷発生半導体基板。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/60

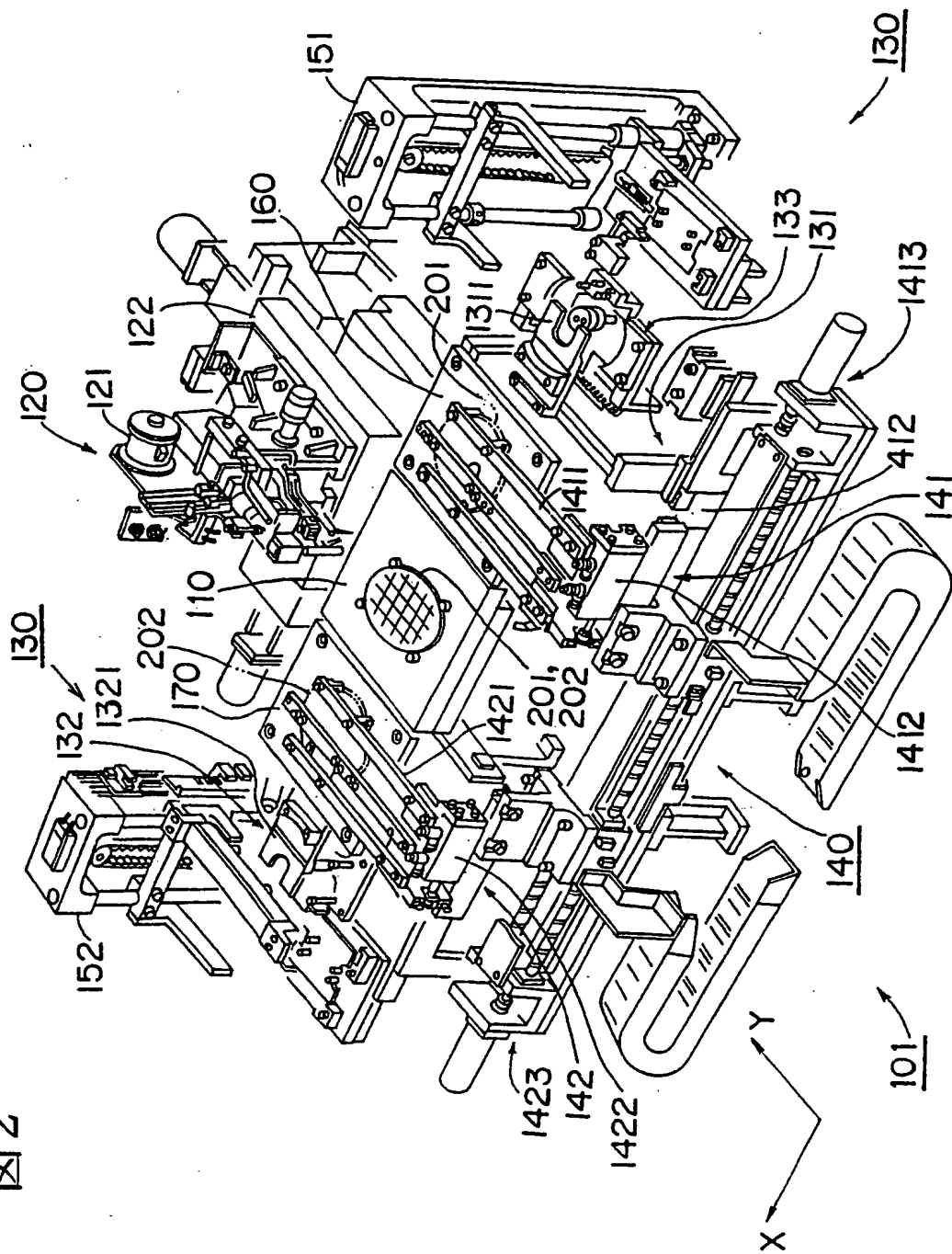
図 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/60

図 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



3/60

図 3

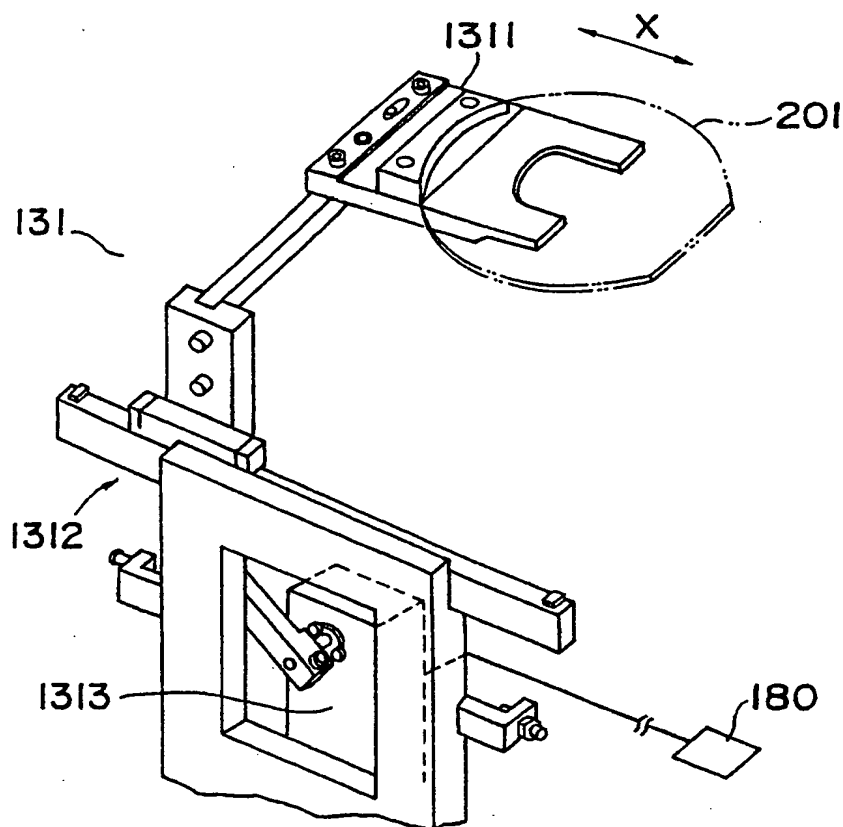
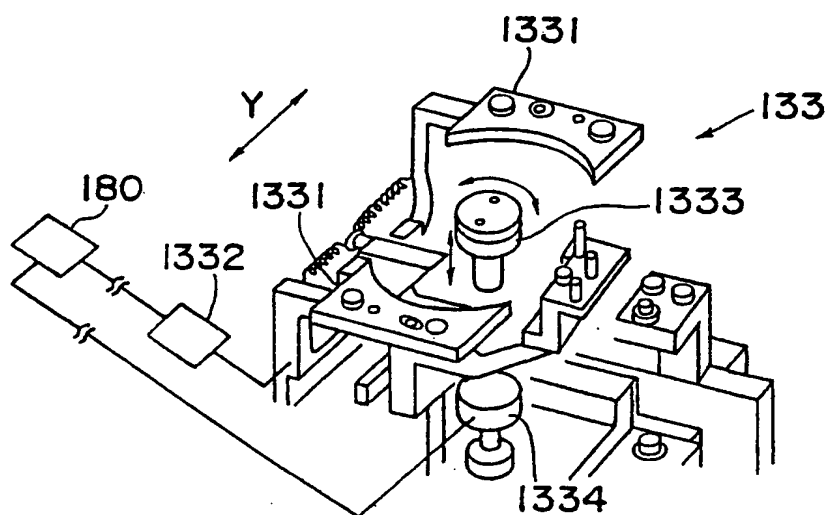


図 4



**THIS PAGE BLANK (USPIC,**

図 5

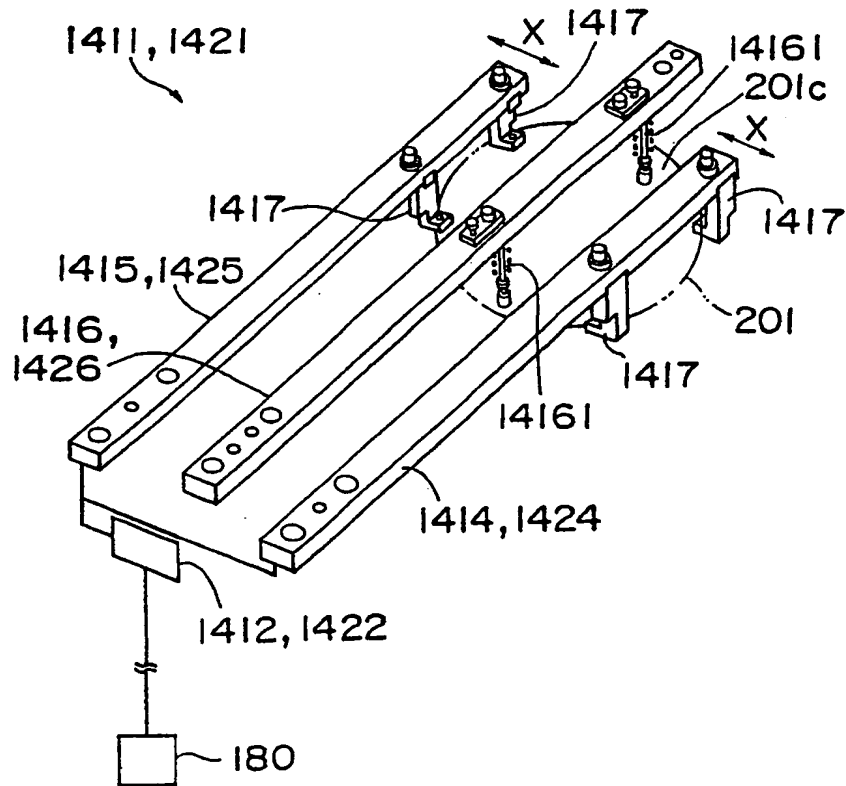
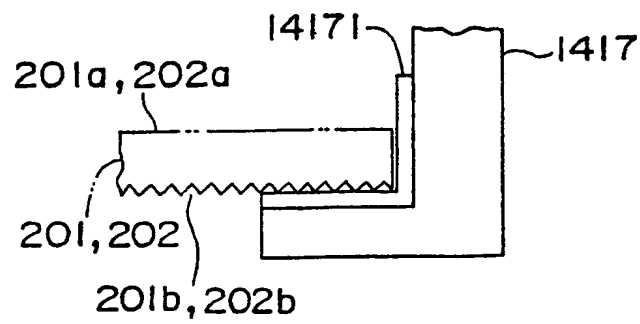


図 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5/60

図 7

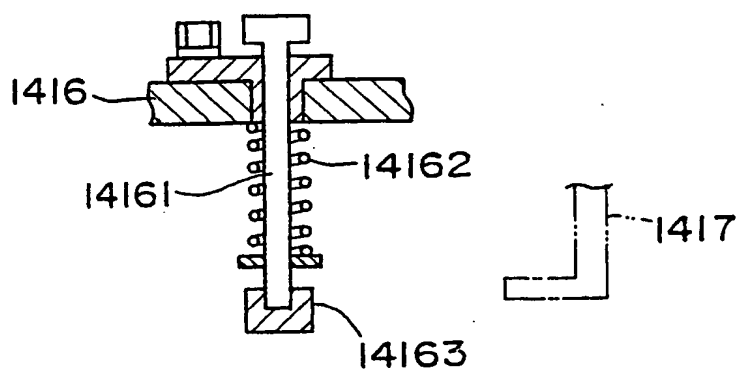
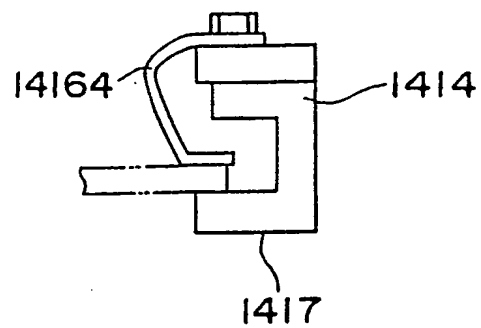


図 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6/60

図 9

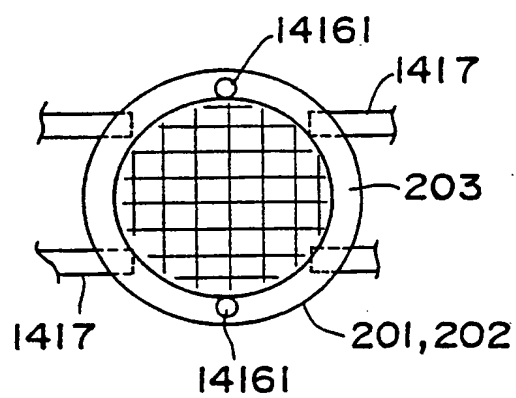
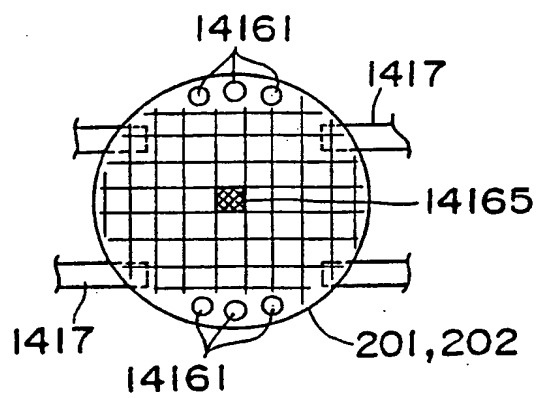


図 10

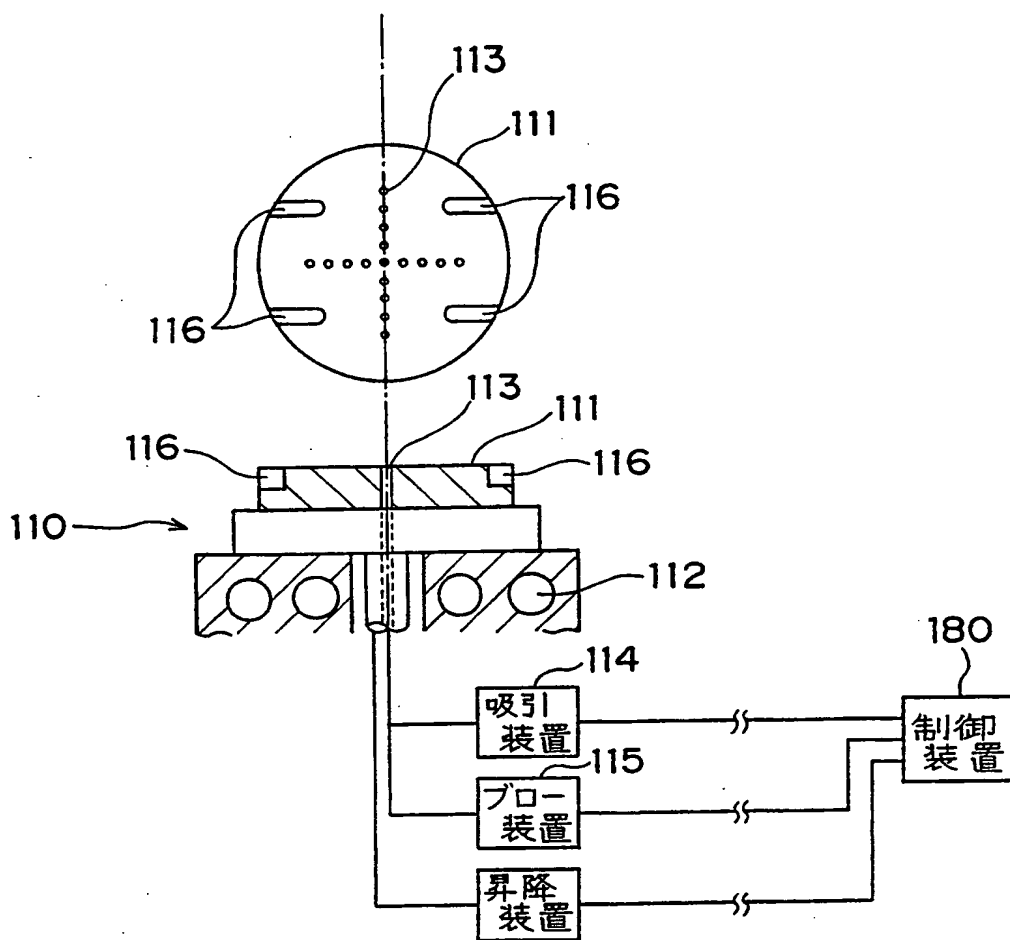


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



7/60

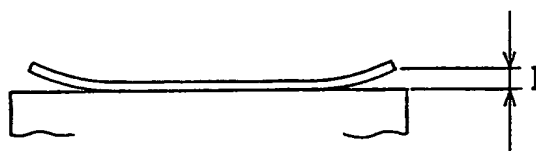
図 1 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

8/60

図 1 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 1 3

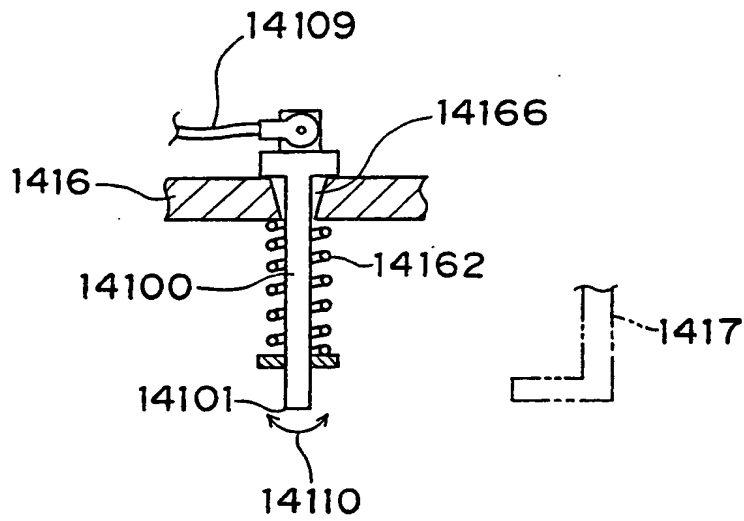
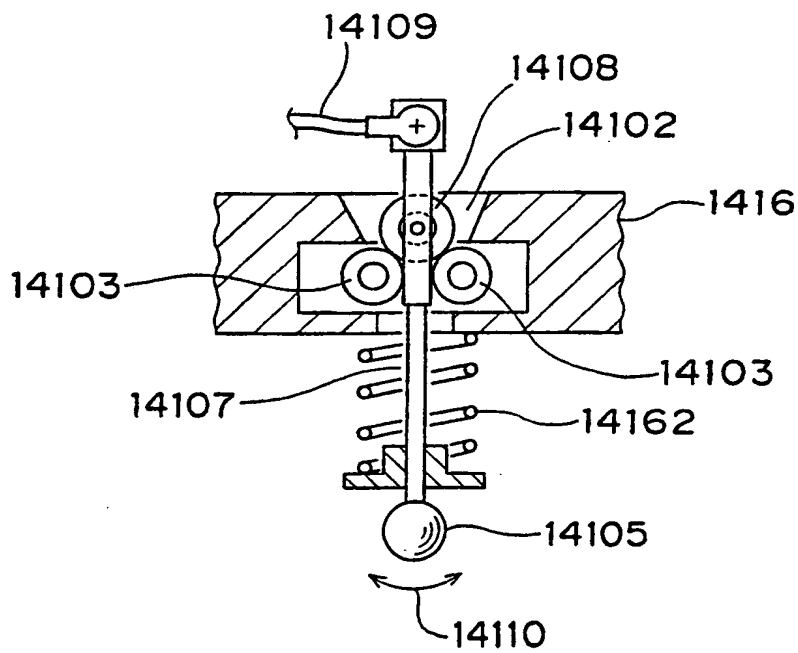


図 1 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

10/60

図 1 5

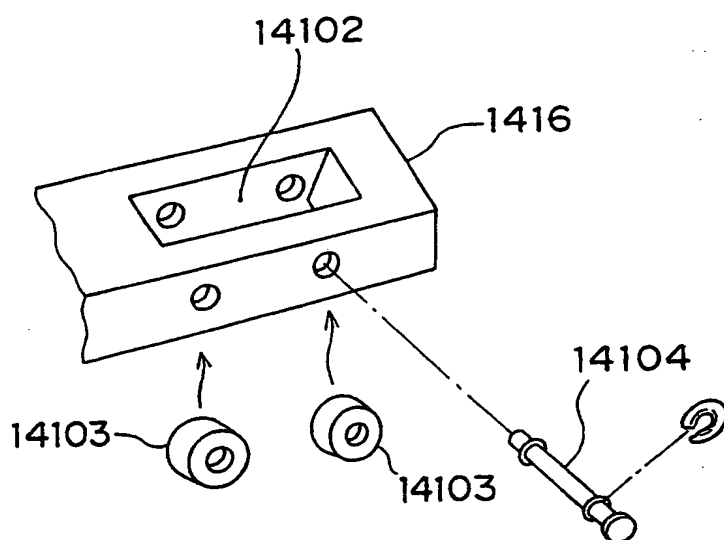
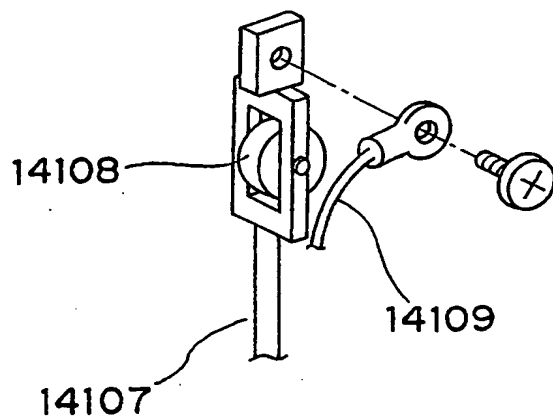


図 1 6

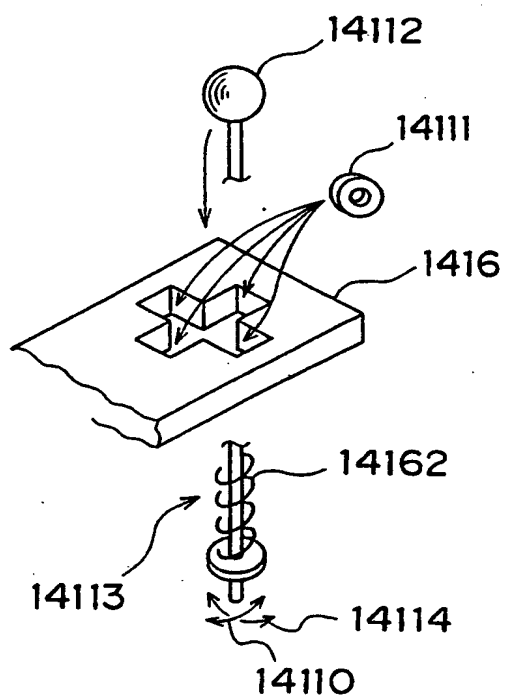


**THIS PAGE BLANK (USPIC)**



11/60

図 17



**THIS PAGE BLANK (CONT.)**

12/60

図 18

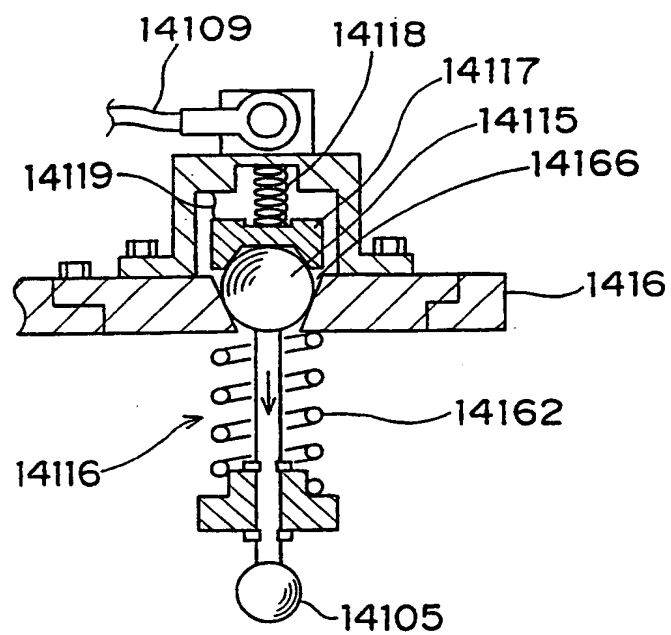
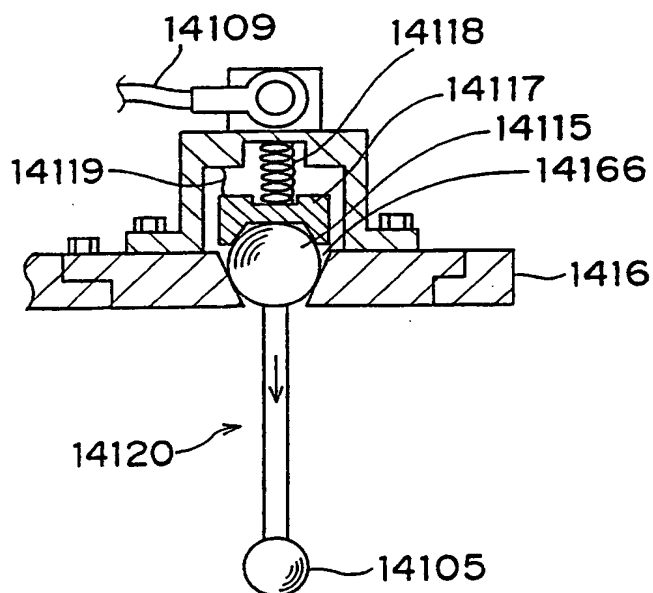


図 19



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

13/60

図 20

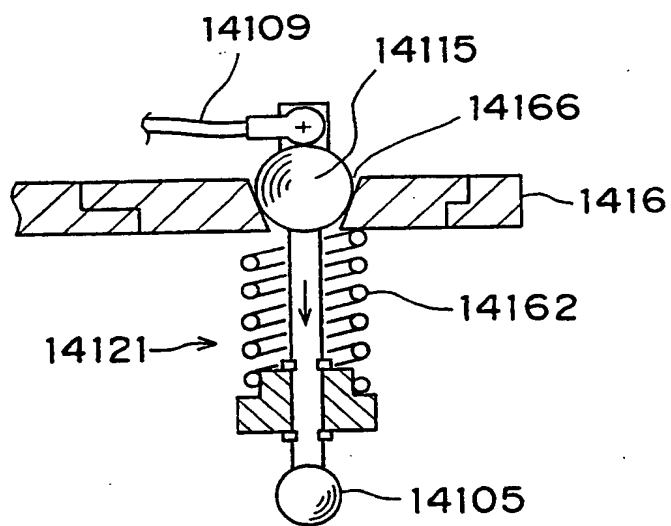
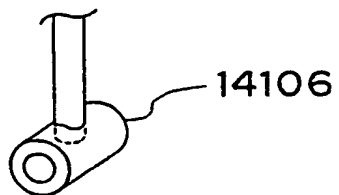


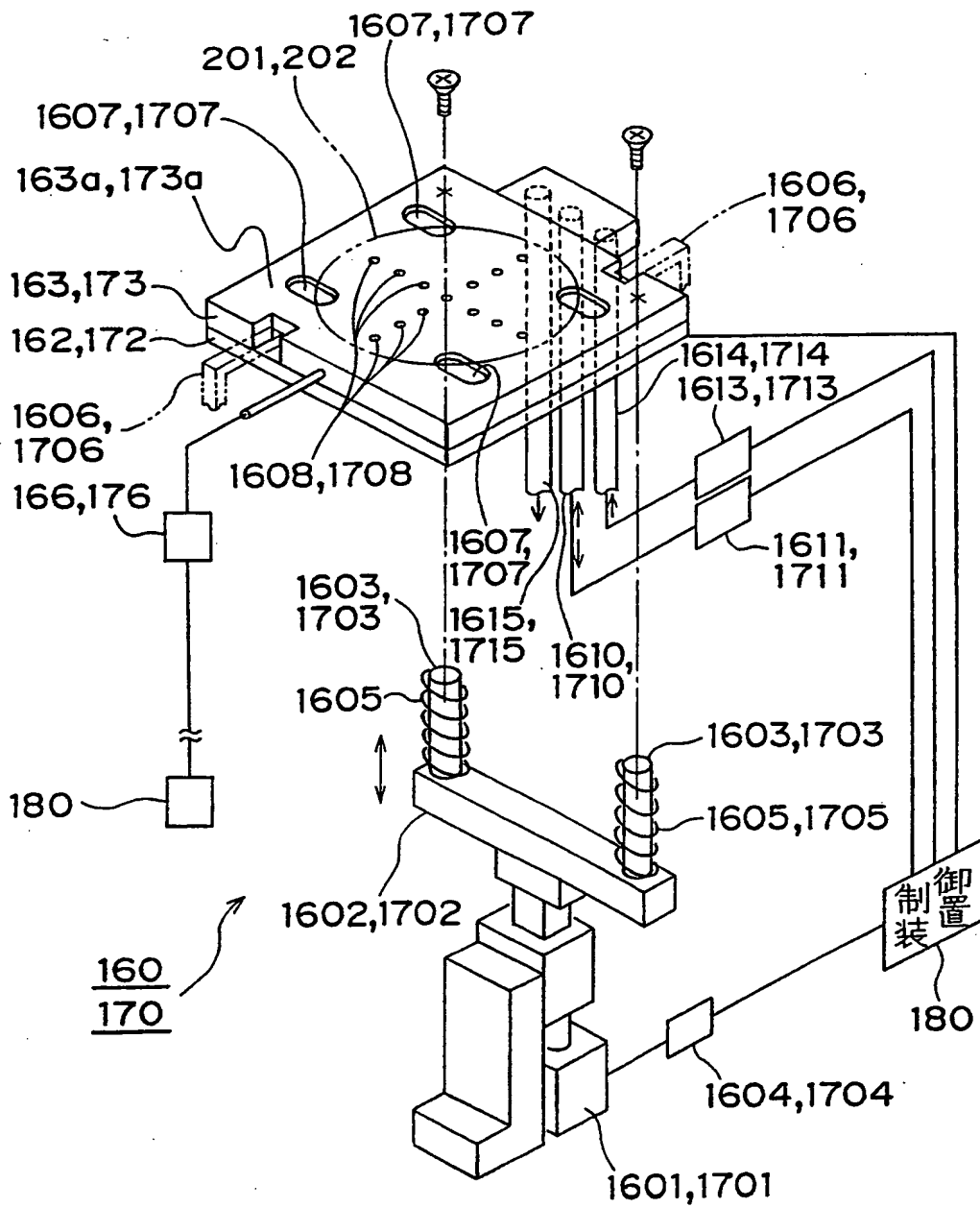
図 21



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

14/60

図 2 2

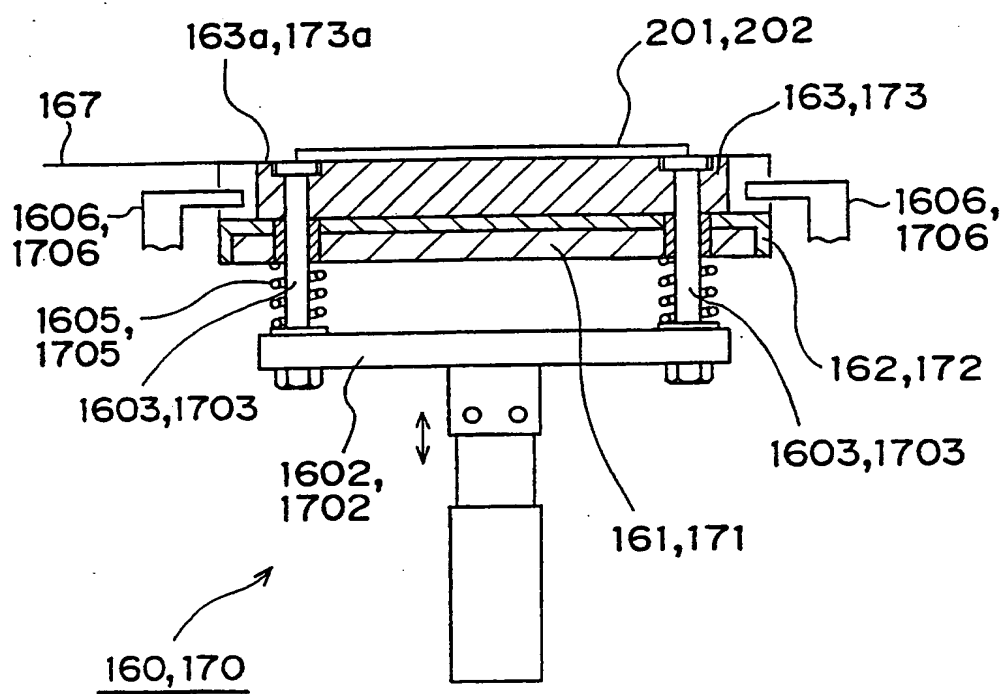


**THIS PAGE BLANK (USPIC)**



15/60

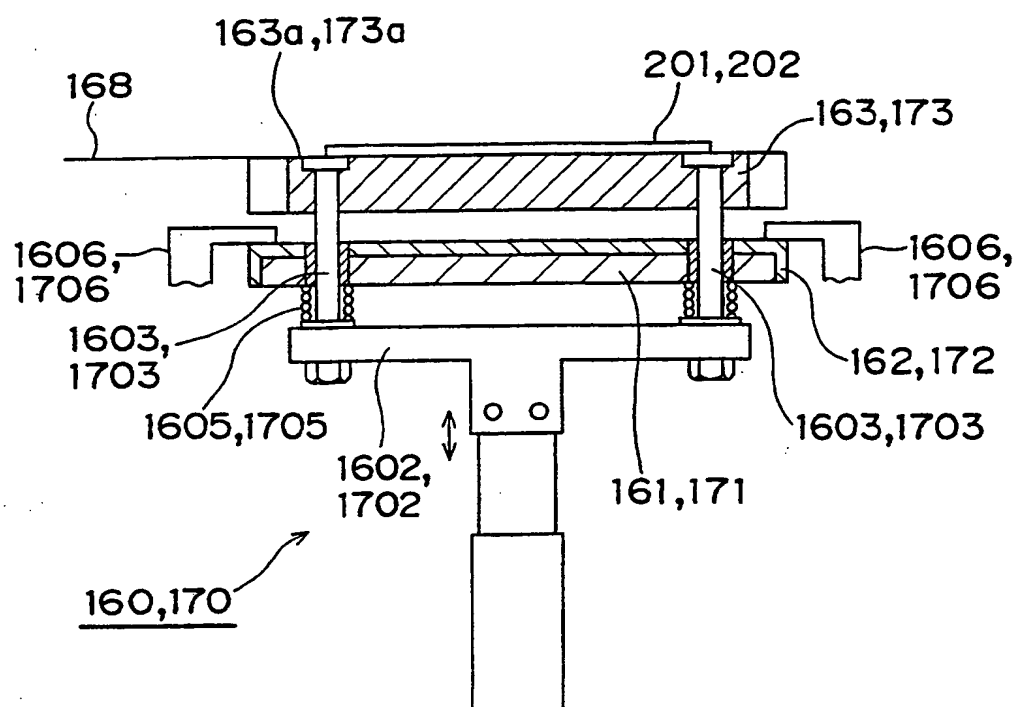
図 2 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

16/60

図 2 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

17/60

図 2 5

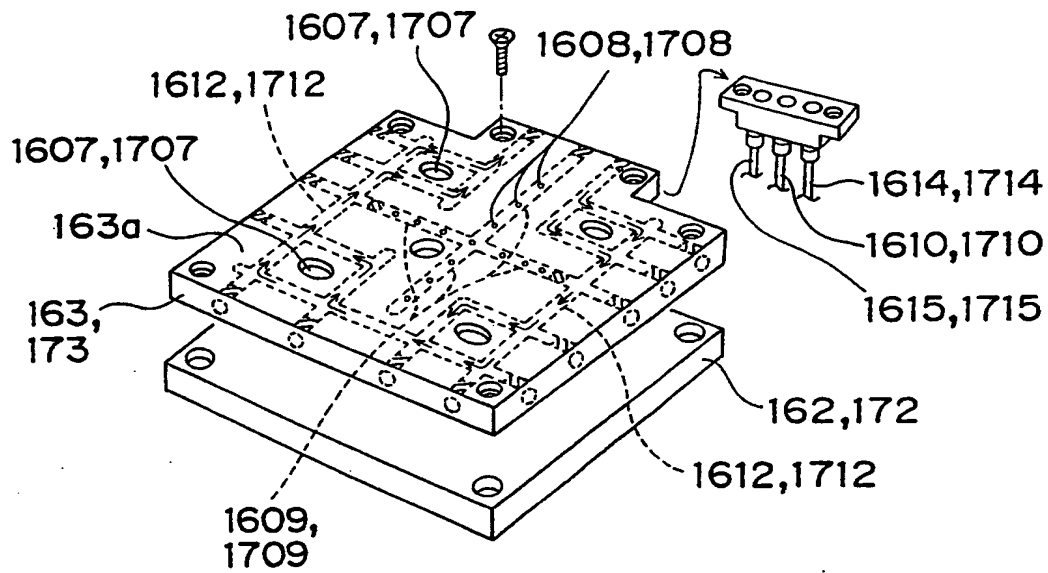
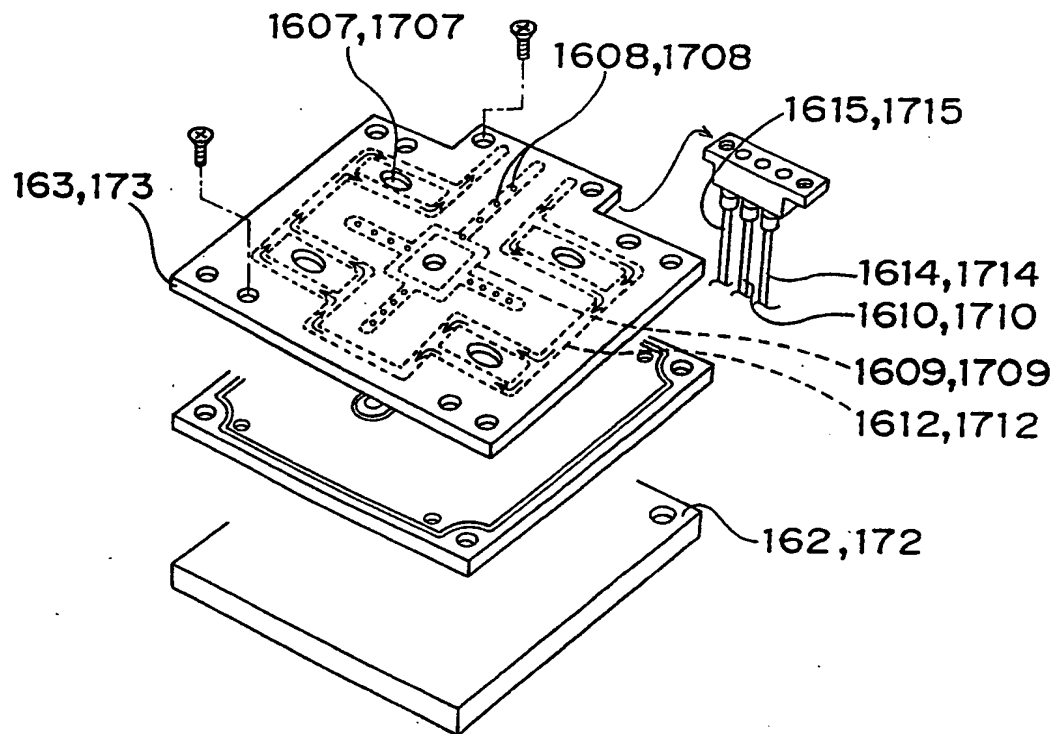


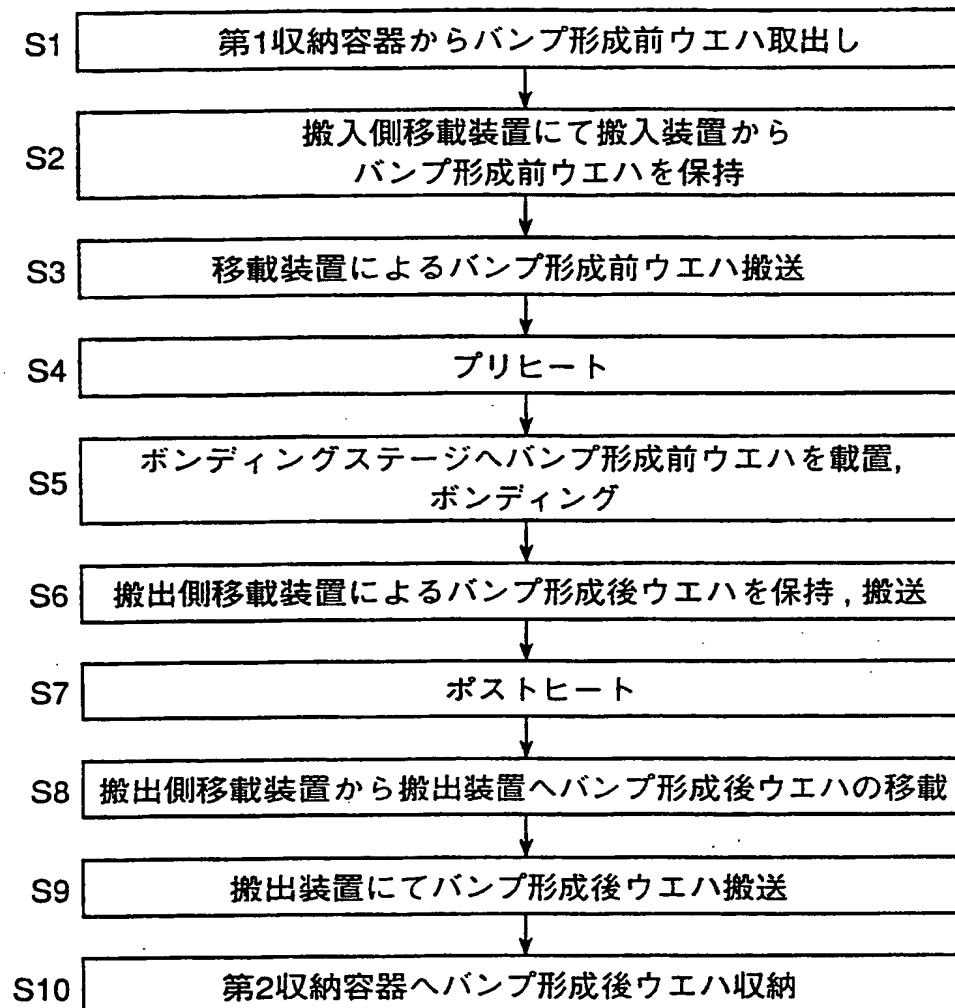
図 2 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO,**

18/60

図 27



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



図 28

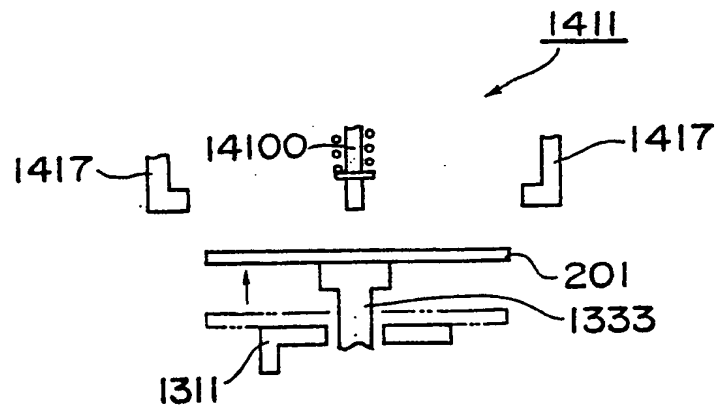
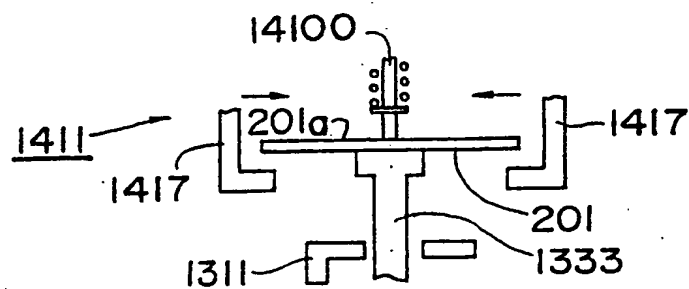


図 29



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

20/60

図 3 0

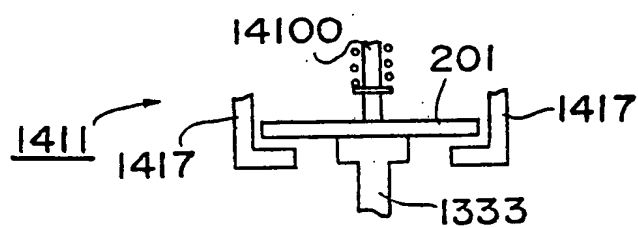
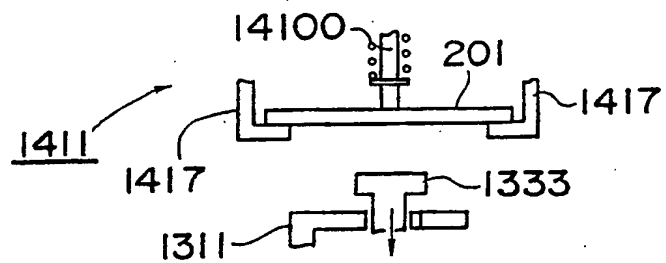


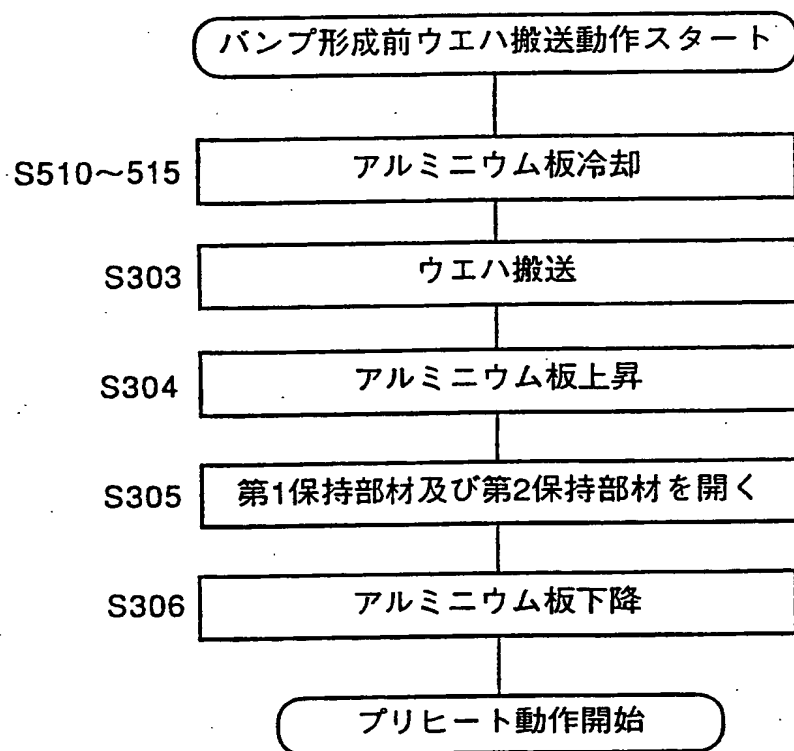
図 3 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

21/60

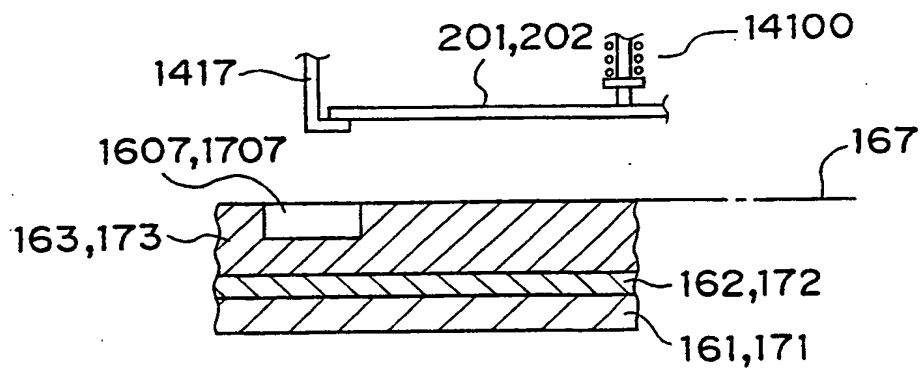
図 3 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

22/60

図 3 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



23/60

図 3 4

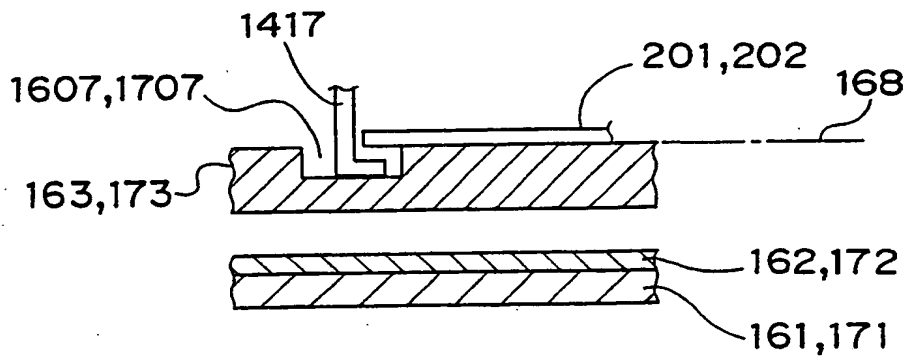


図 3 5

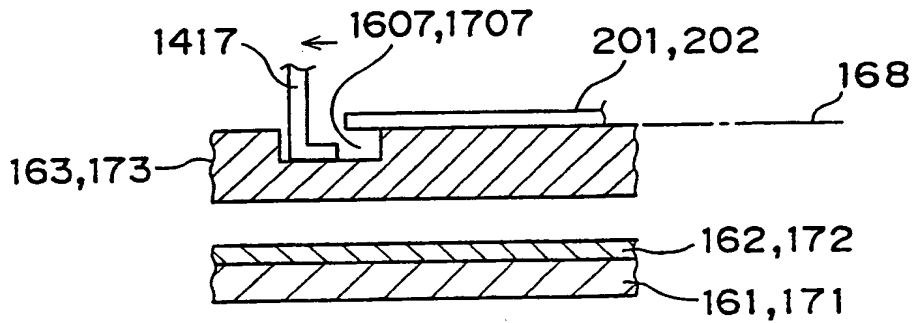
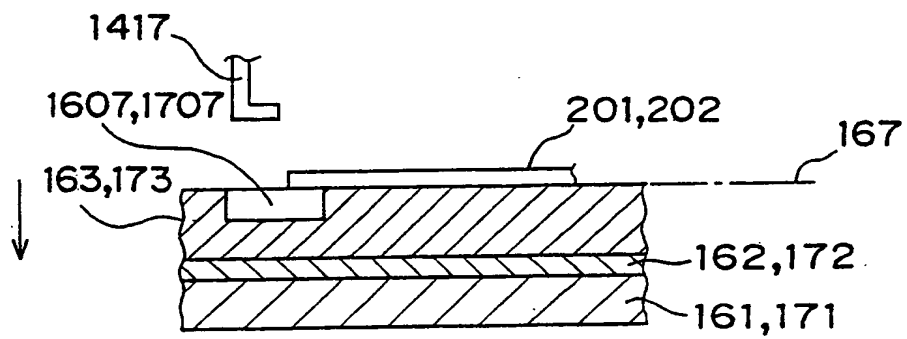


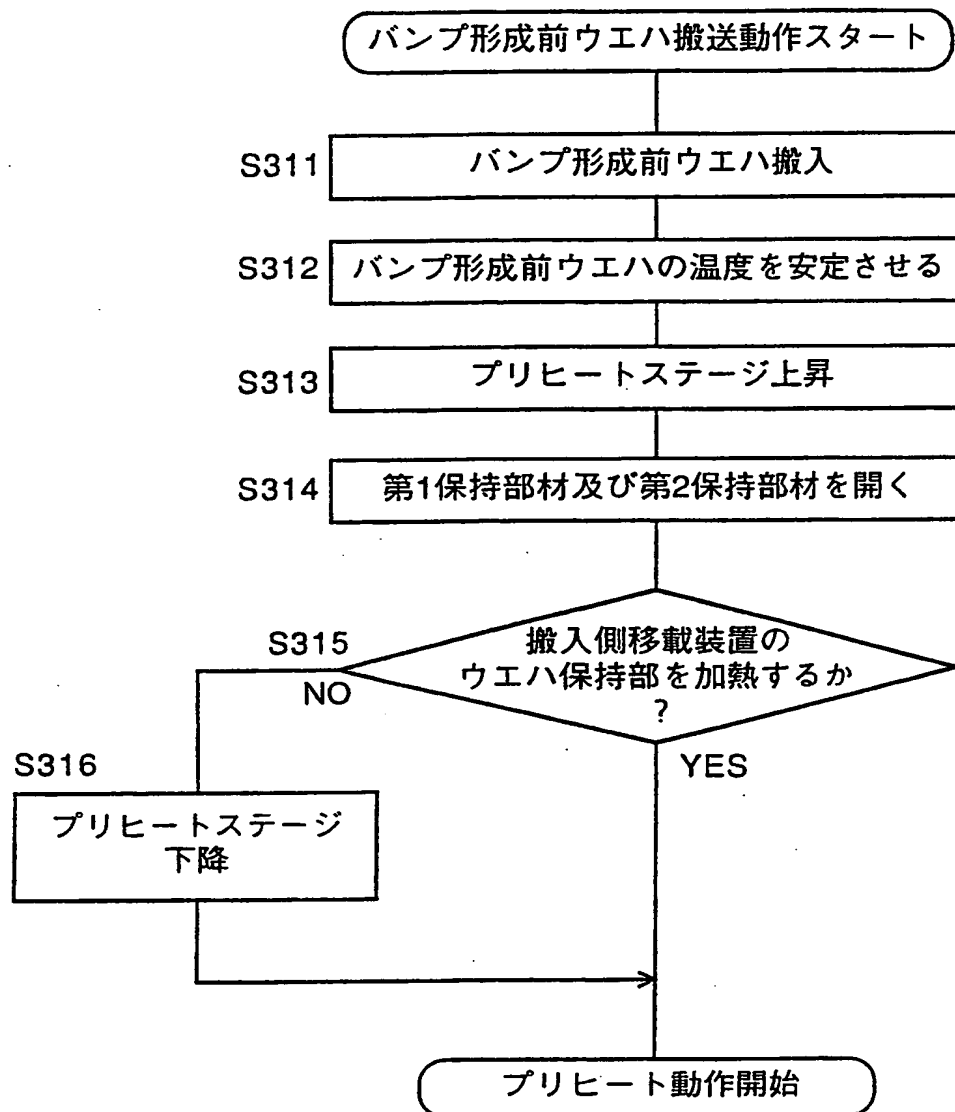
図 3 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

24/60

図 3 7



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

25/60

図 3 8

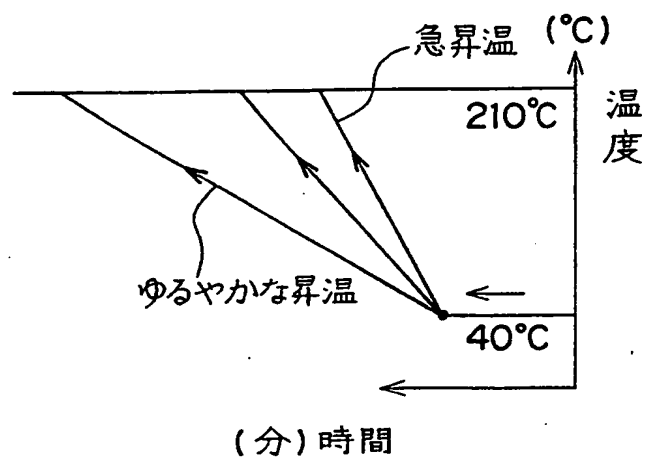
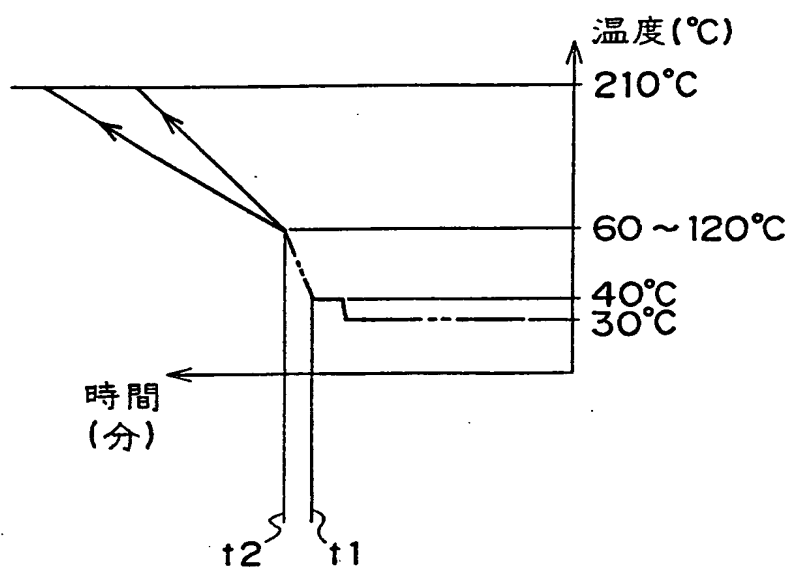


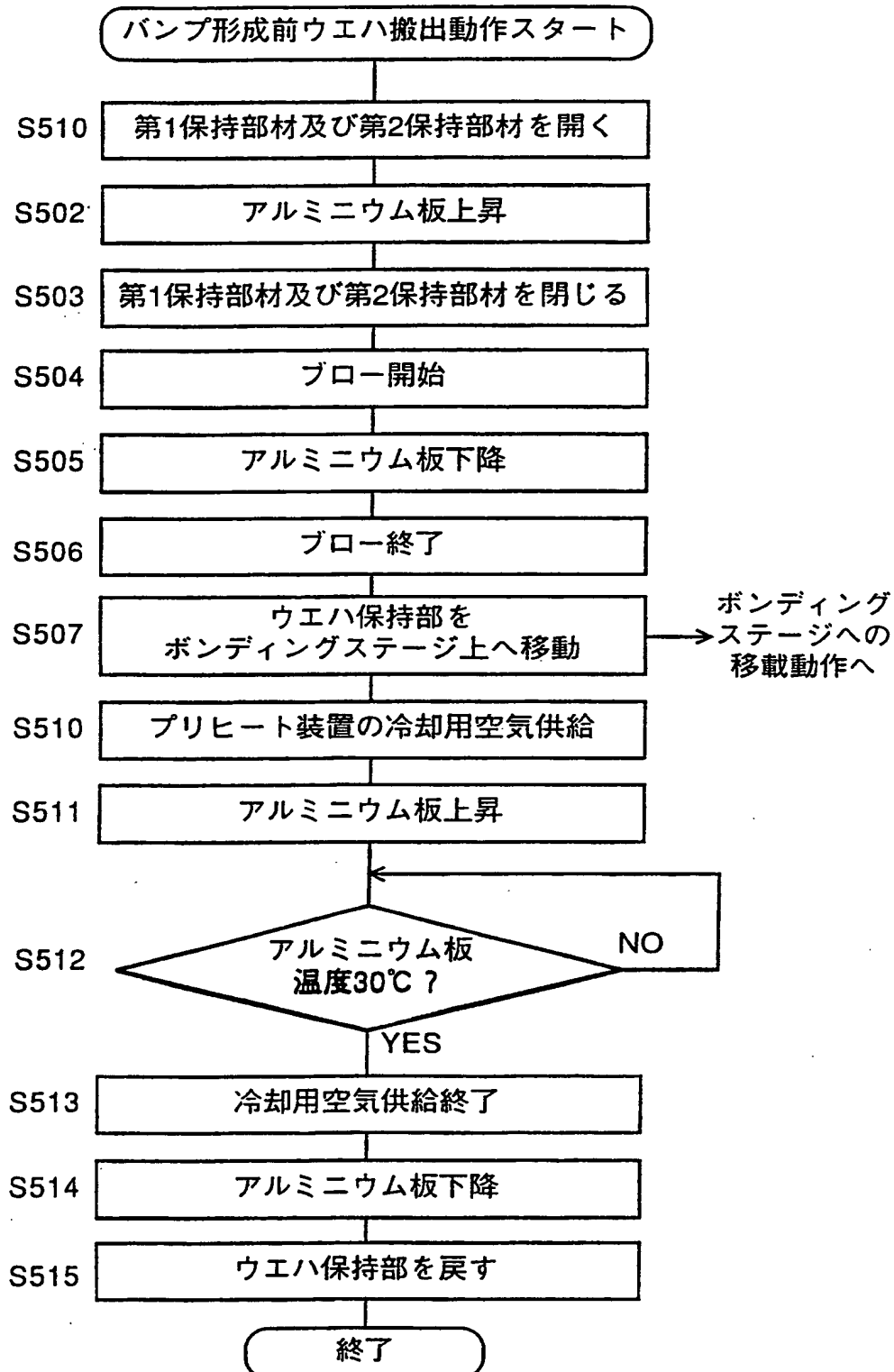
図 3 9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

26/60

図 40

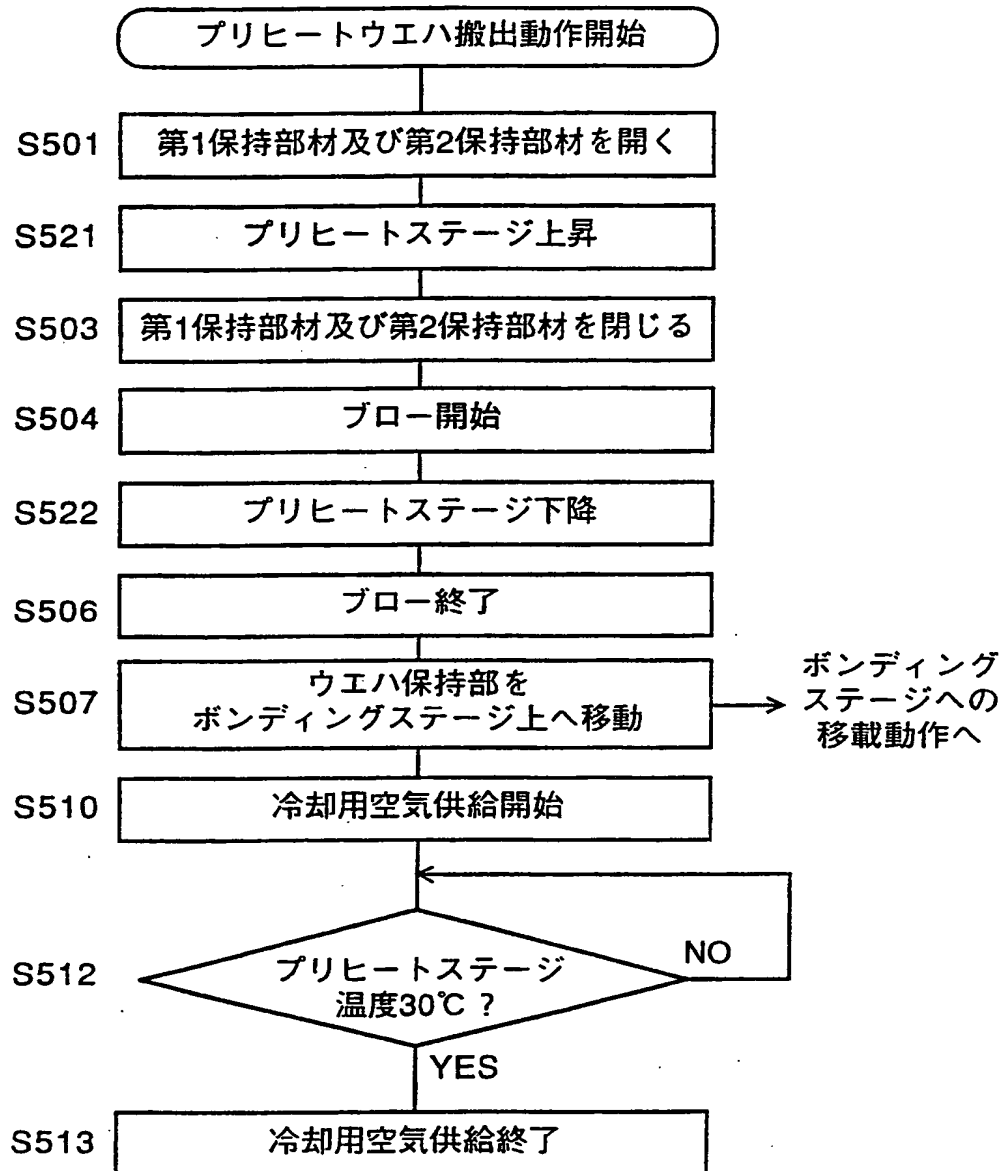


**THIS PAGE BLANK (USPTO,**



27/60

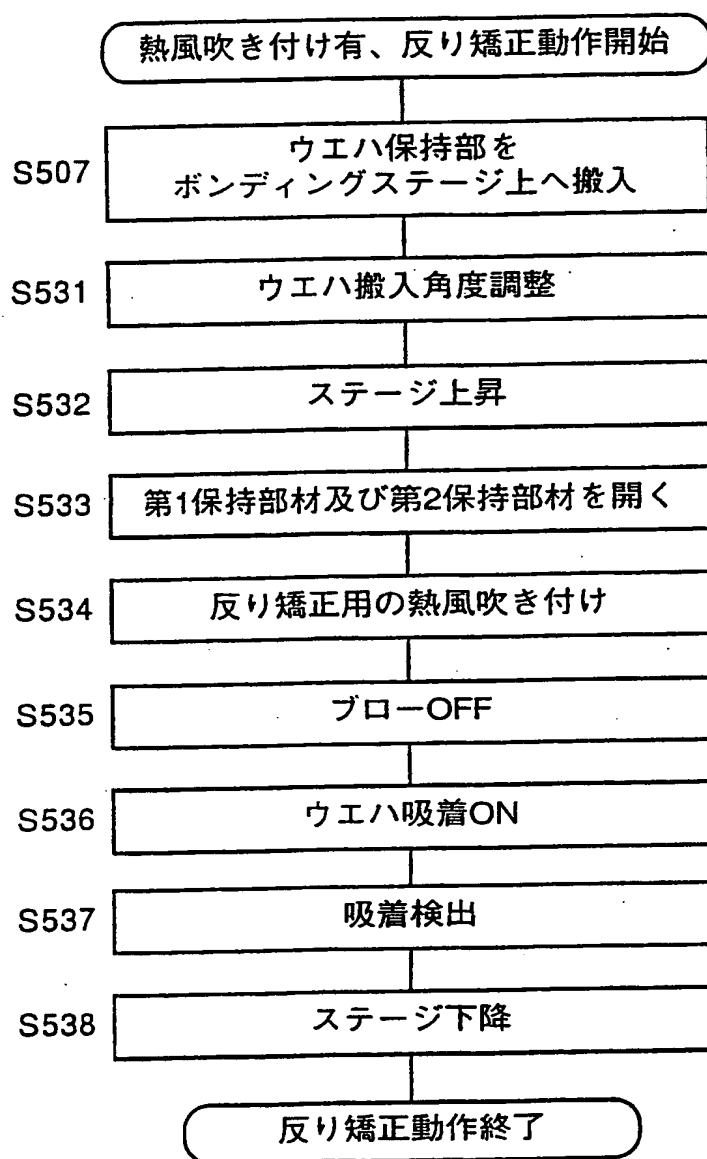
図 4 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

28/60

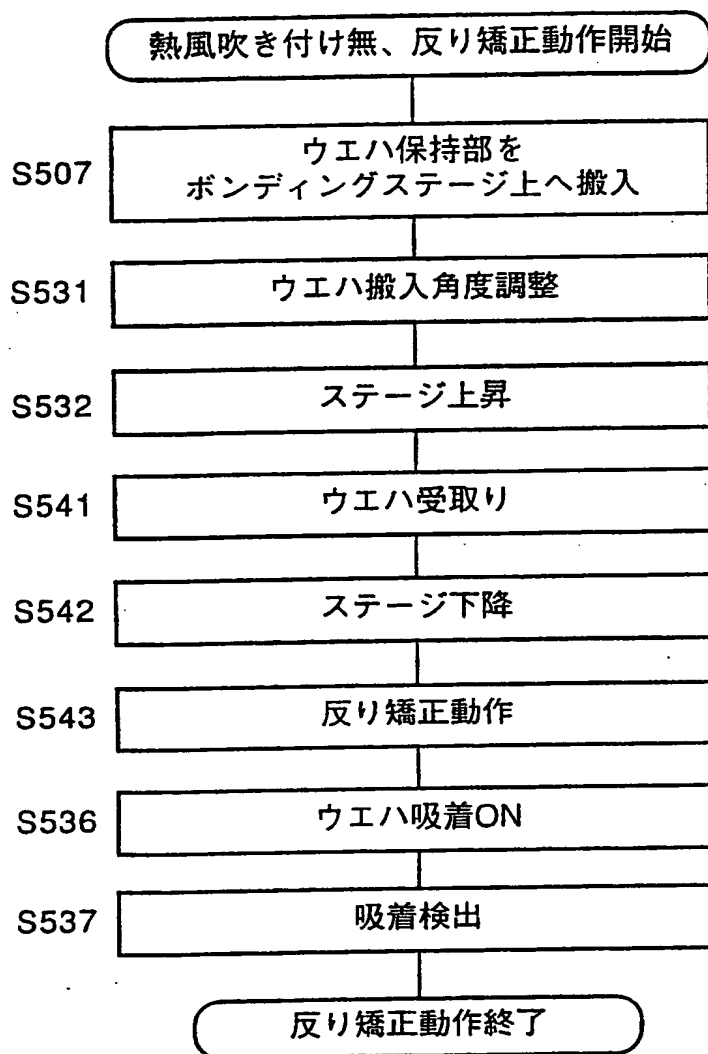
図 4 2



**THIS PAGE BLANK (USP)**

29/60

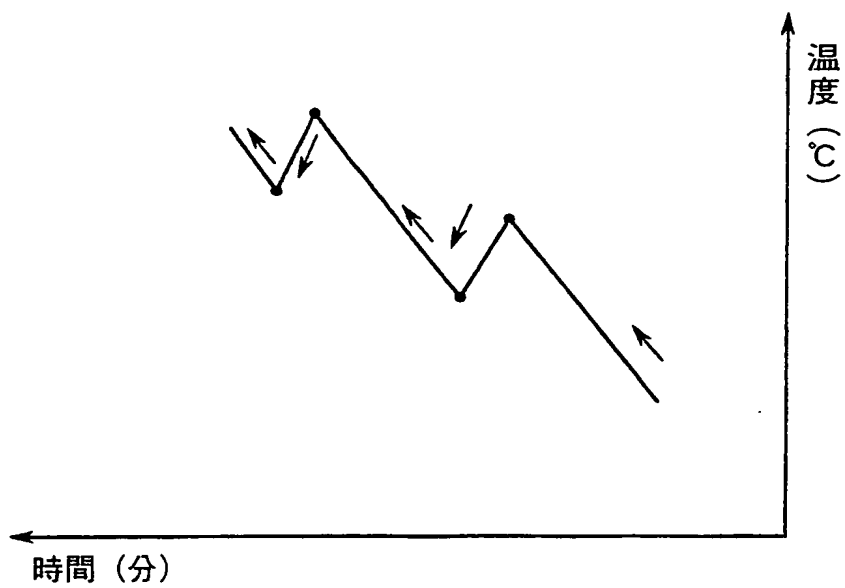
図 4 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

30/60

図 4 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



31/60

図 4 5

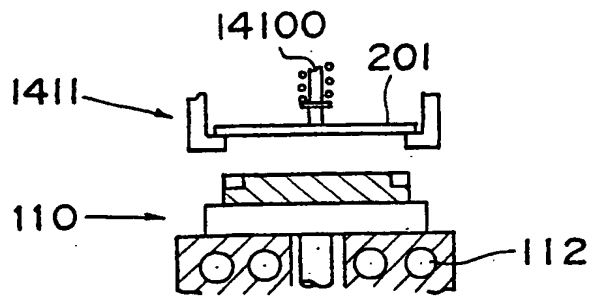
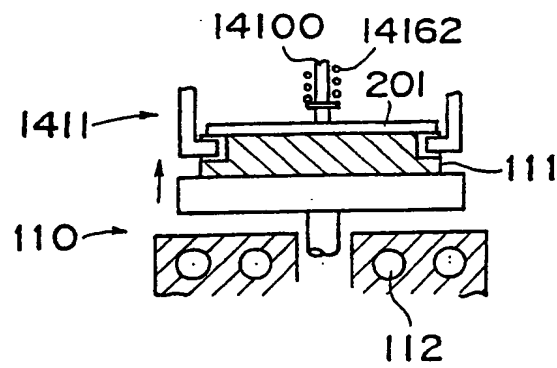


図 4 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

32/60

図 4 7

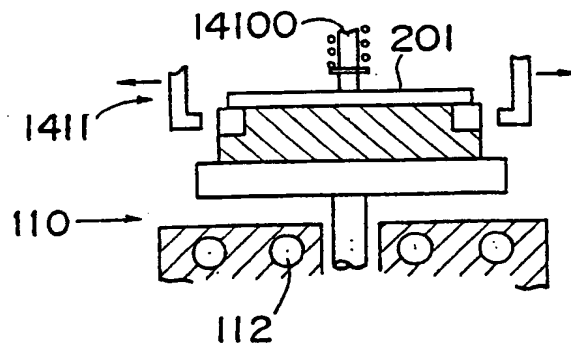
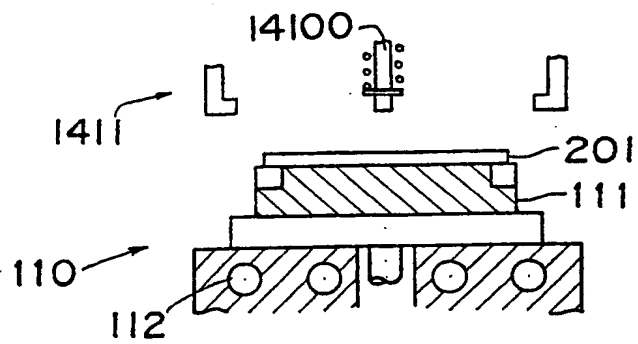


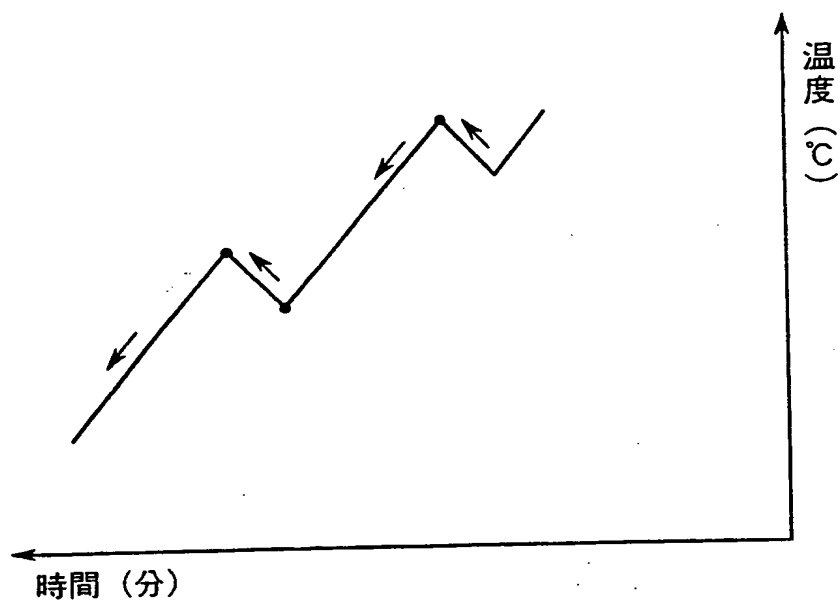
図 4 8



**THIS PAGE BLANK (cont.)**

33/60

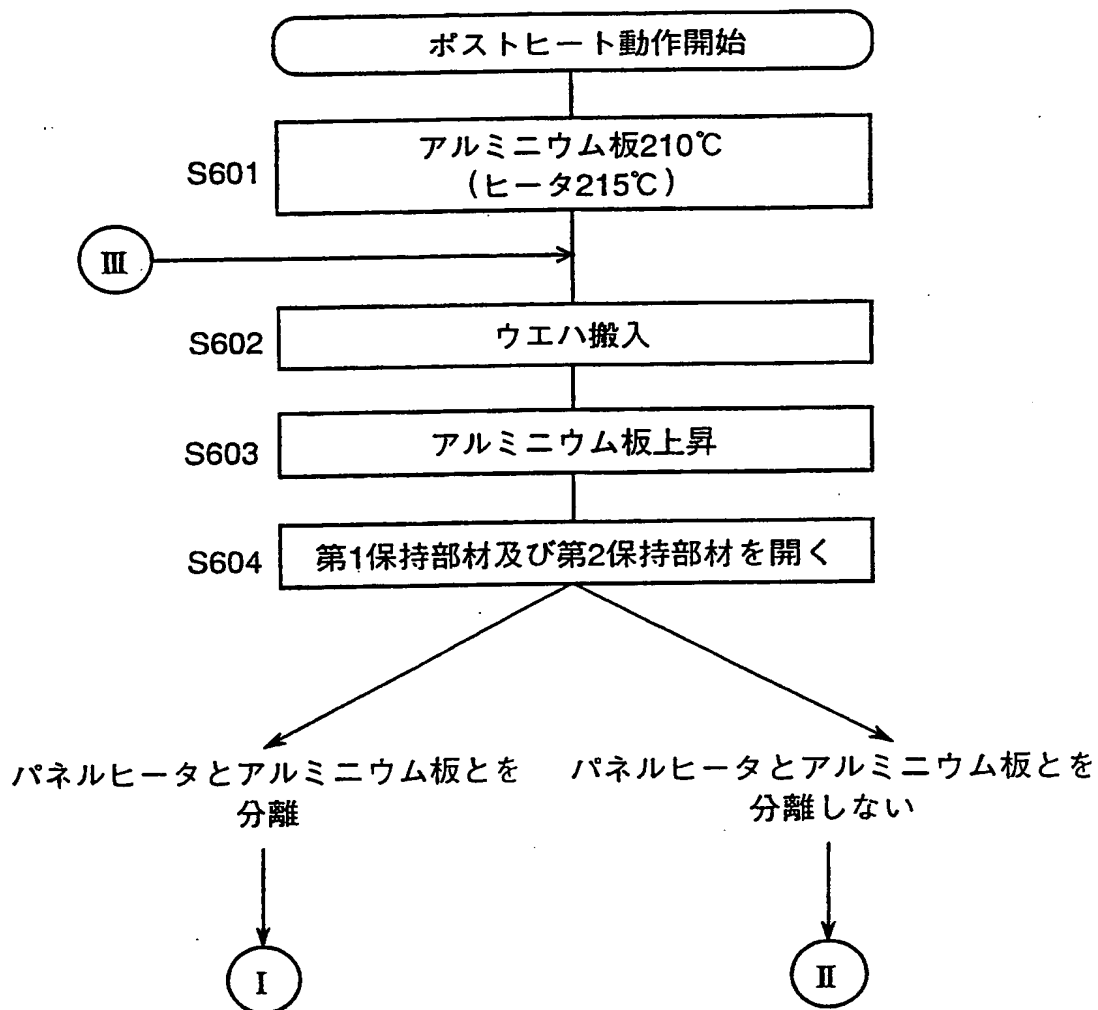
図 4 9



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

34/60

図 50

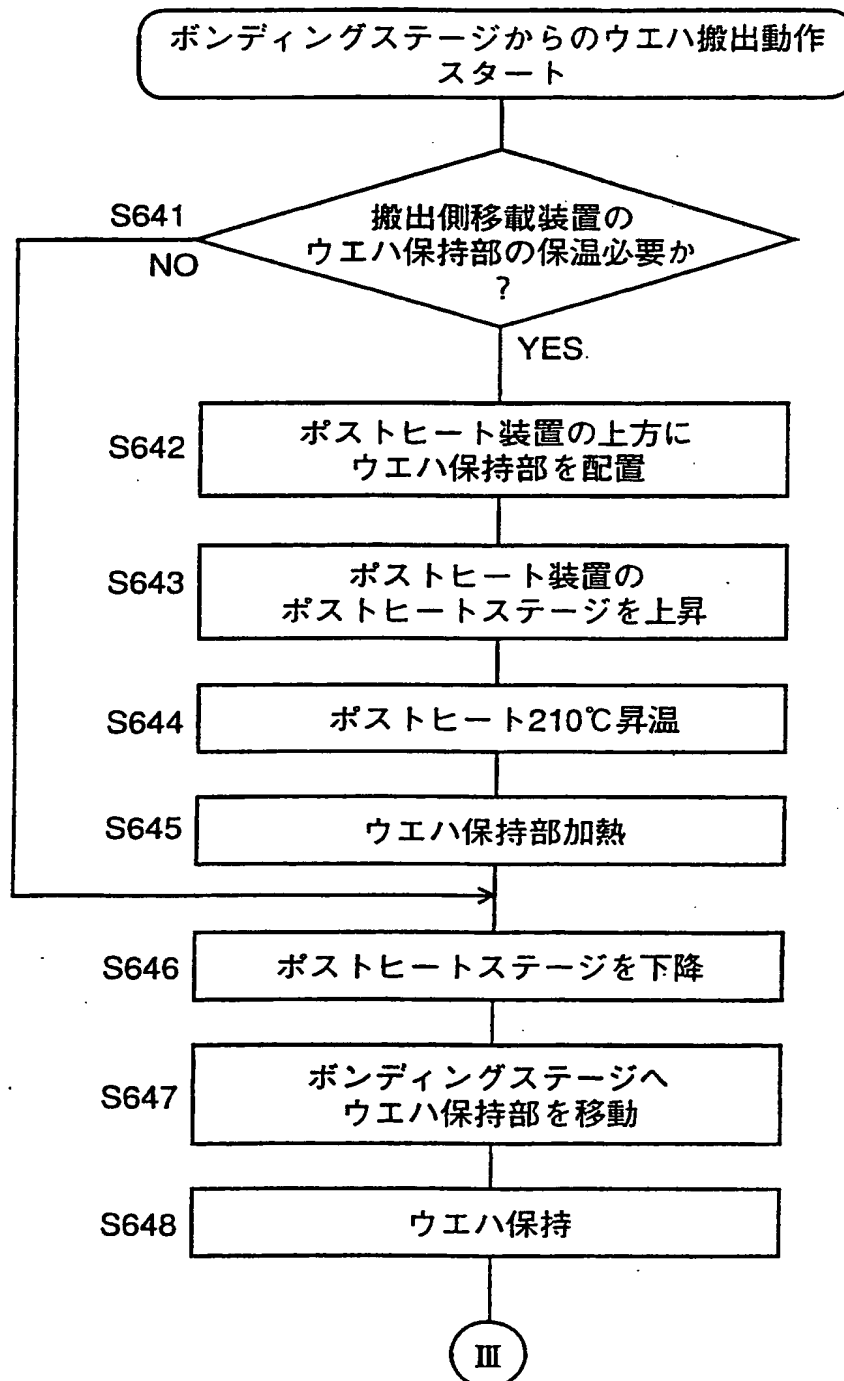


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



35/60

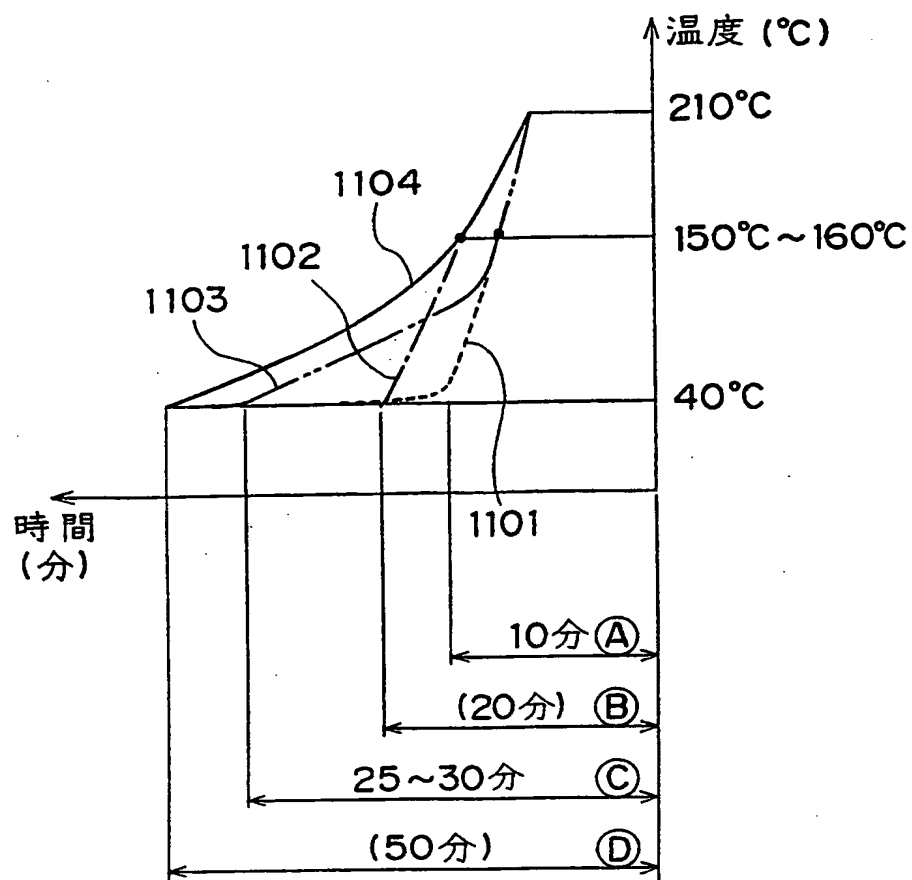
図 5 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

36/60

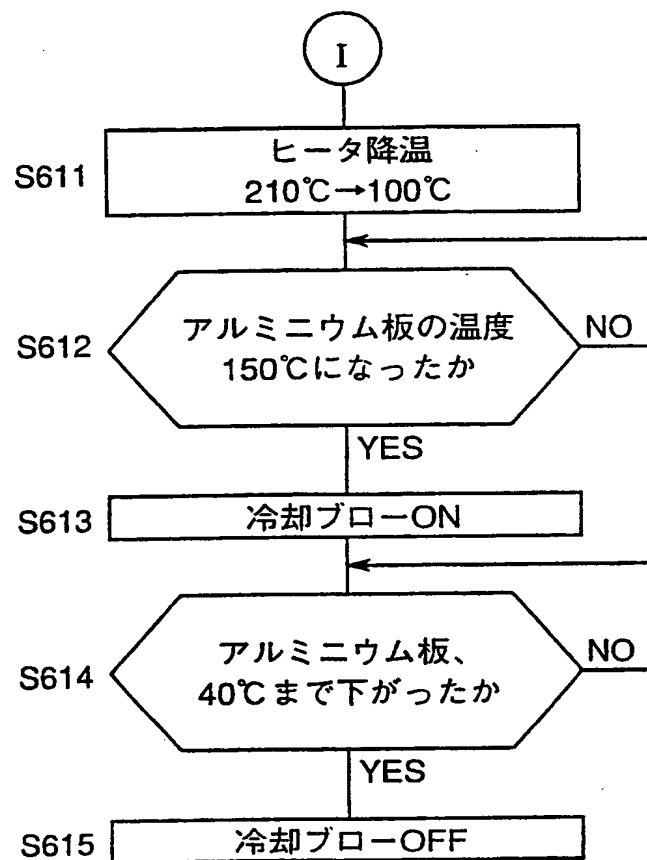
図 5 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

37/60

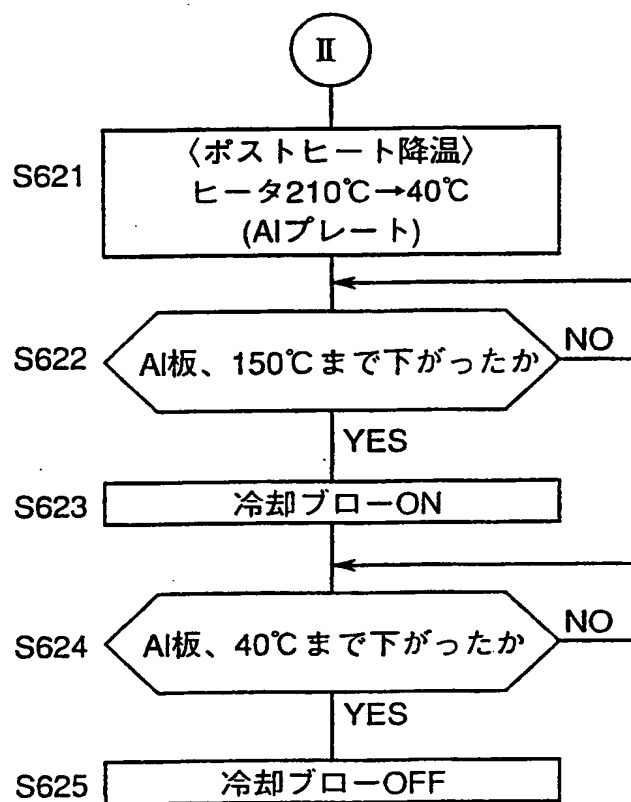
図 5 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

38/60

図 5 4

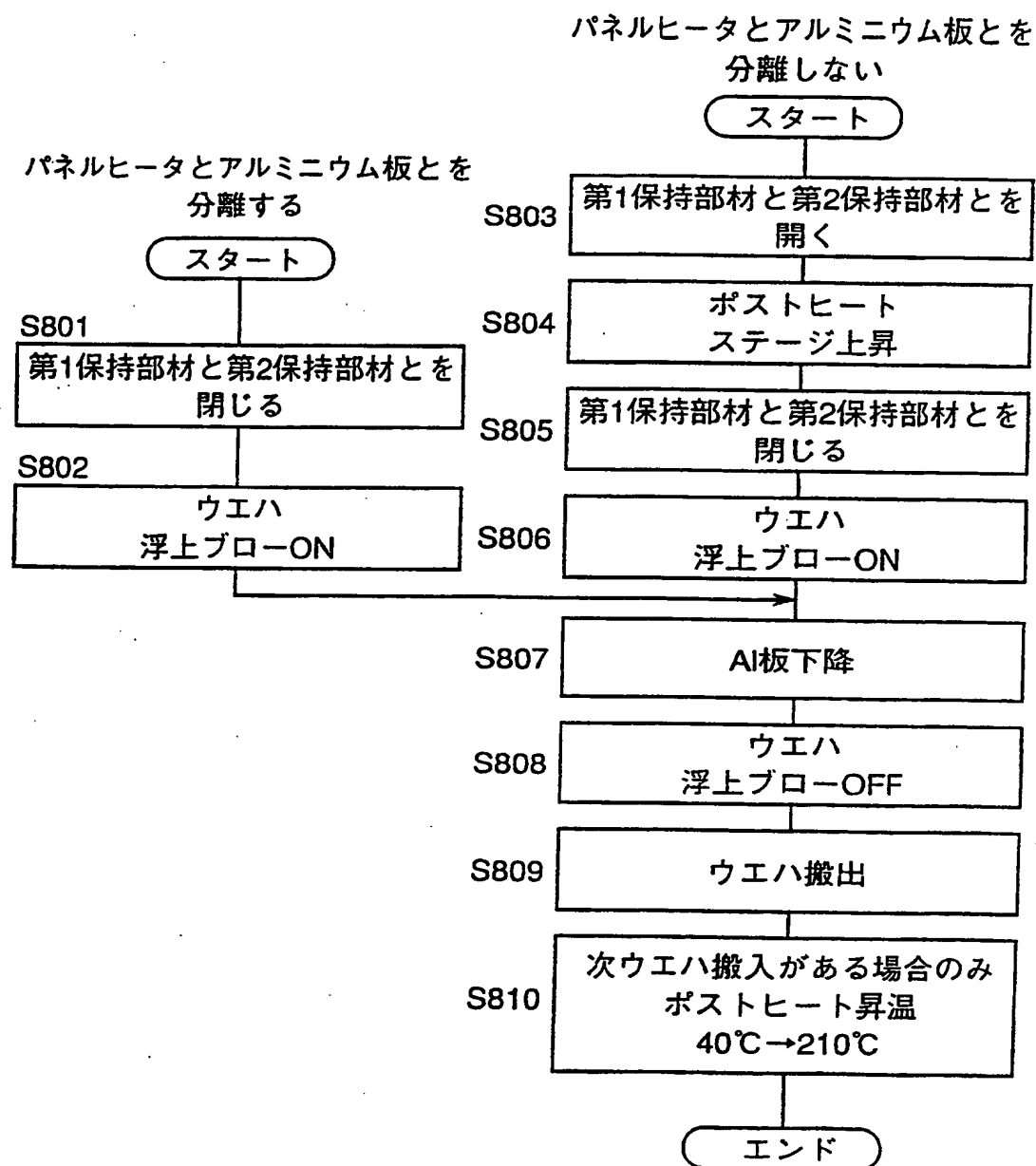


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



39/60

図 5 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

40/60

図 5 6

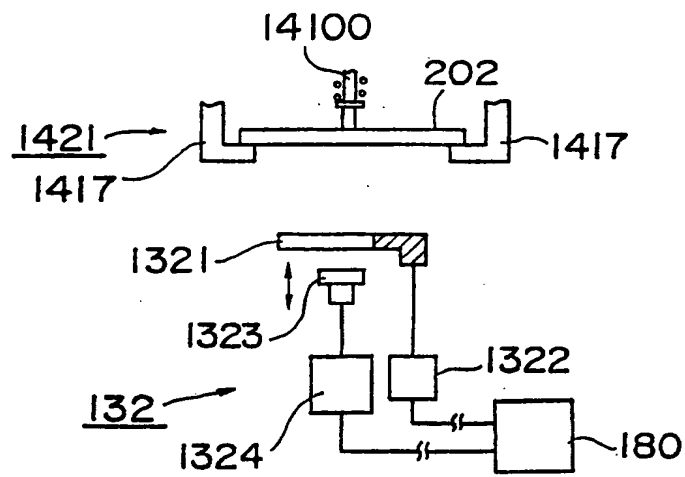


図 5 7

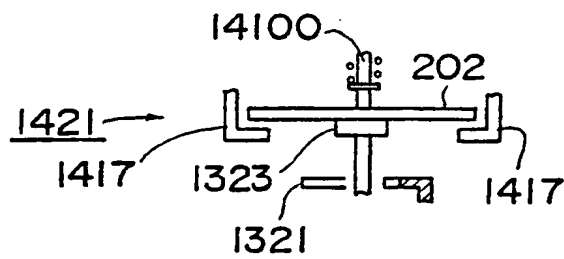
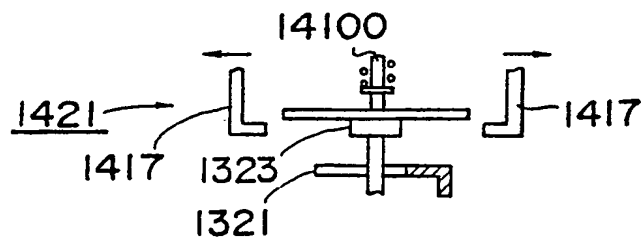


図 5 8



**THIS PAGE BLANK (CONT.)**

図 5 9

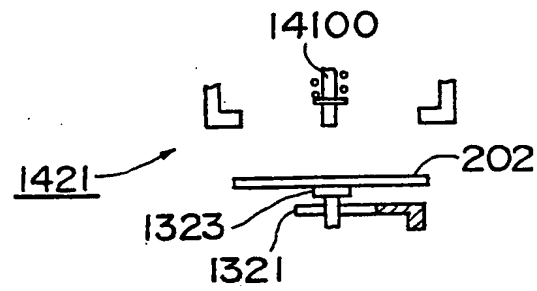


図 6 0

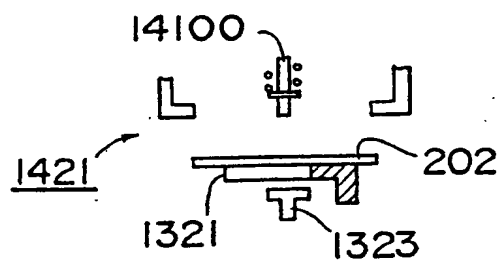
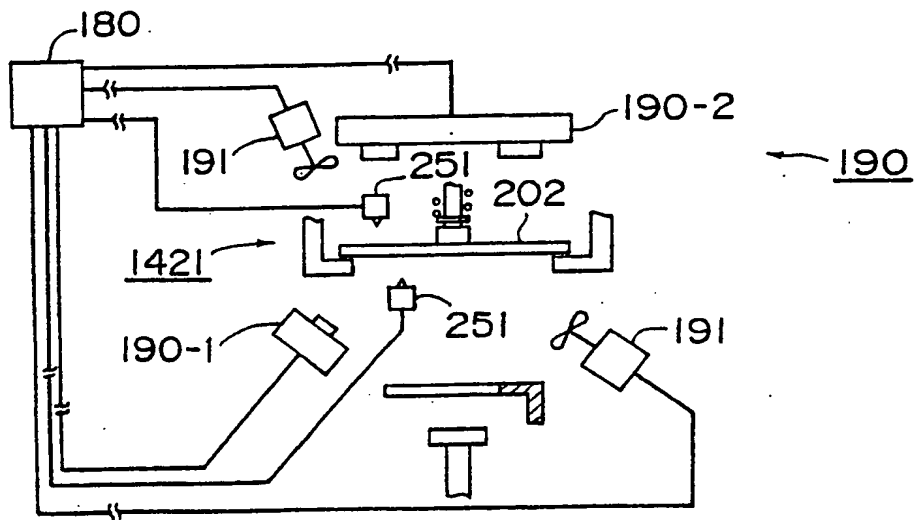


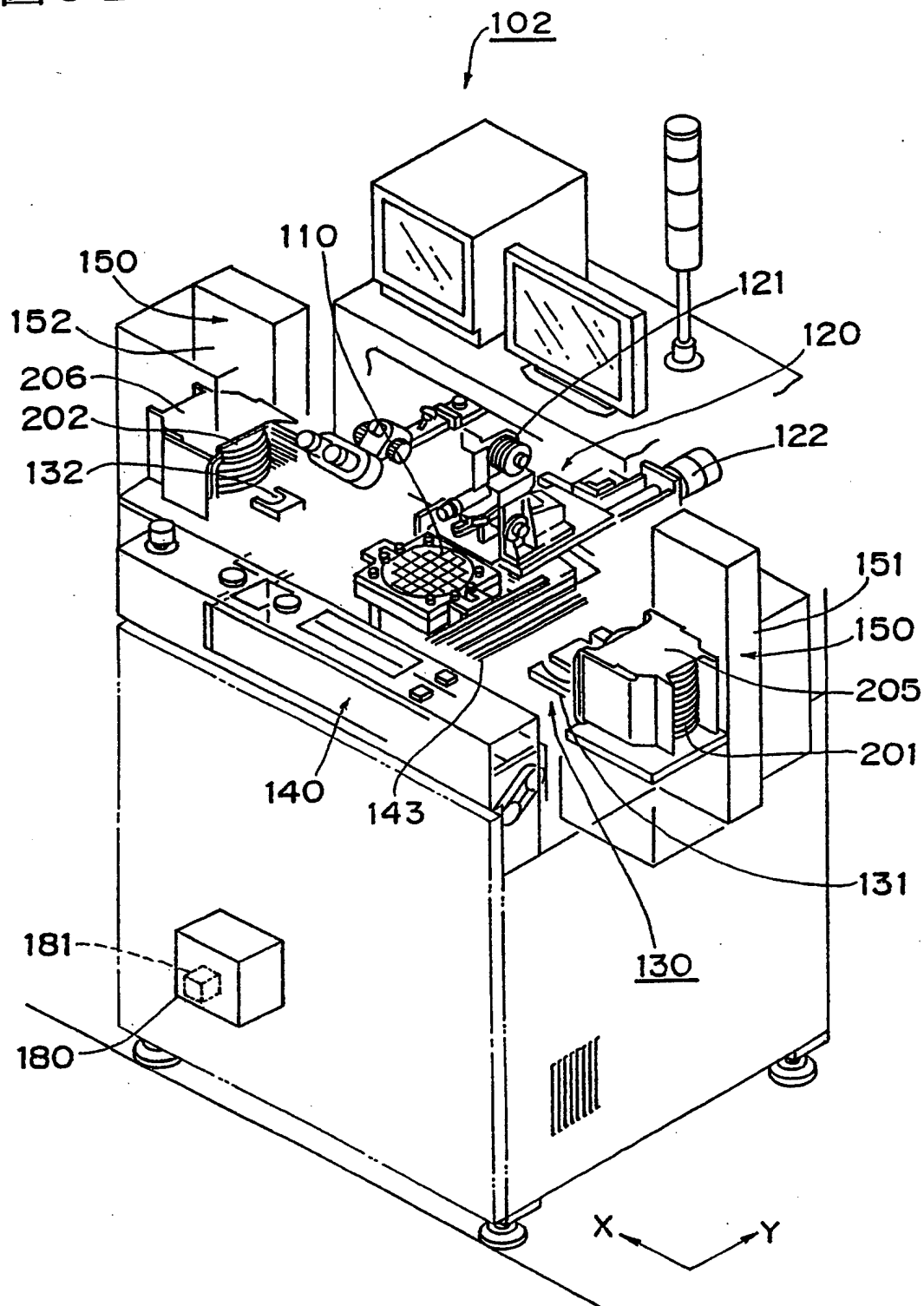
図 6 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

42/60

図 6 2

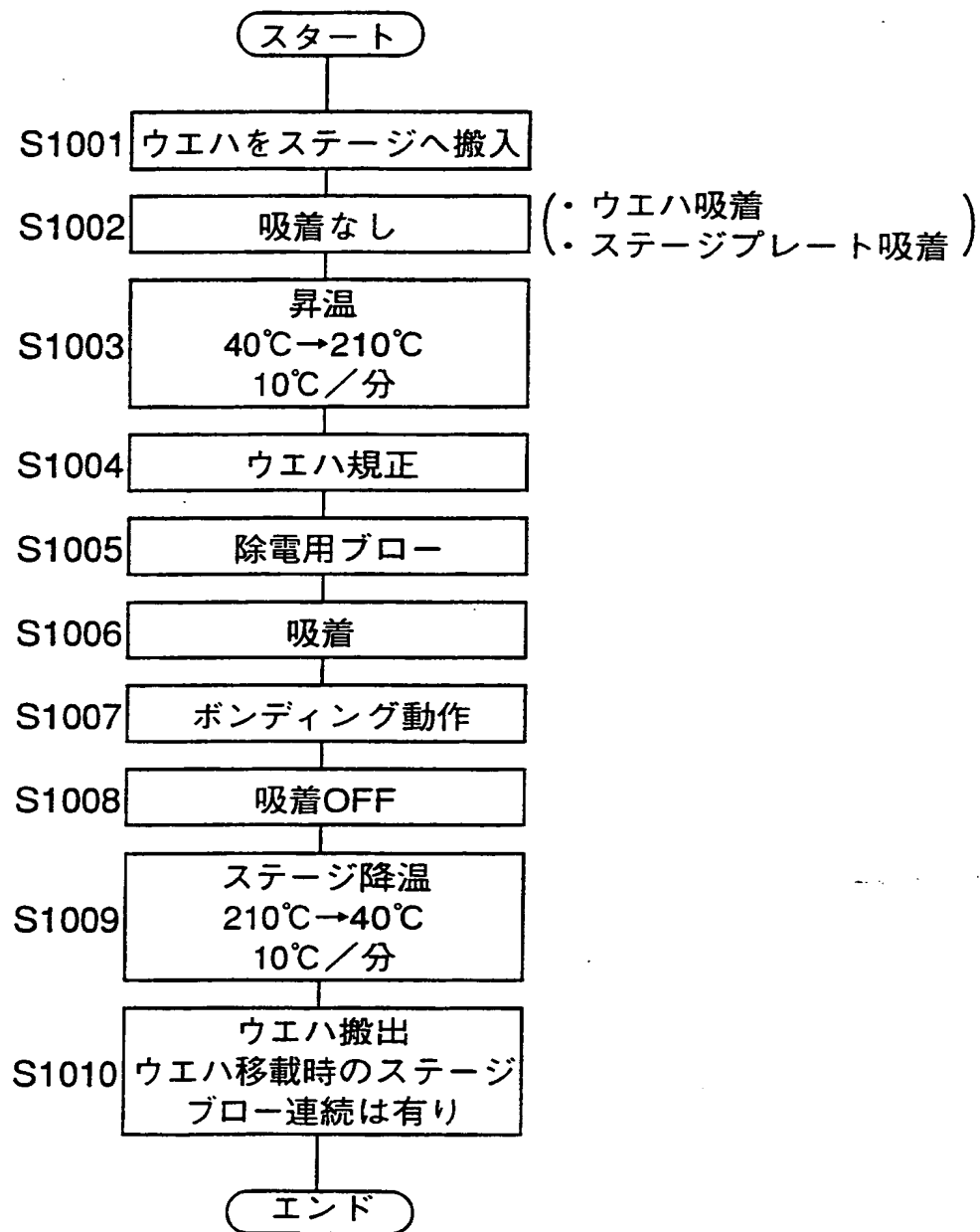


**THIS PAGE BLANK (USPIC,**



43/60

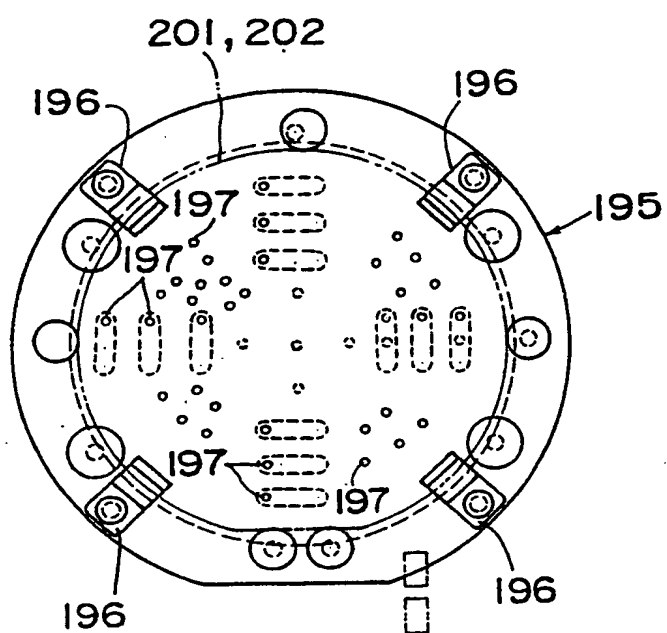
図63



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

44/60

図 6 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

45/60

図 6 5

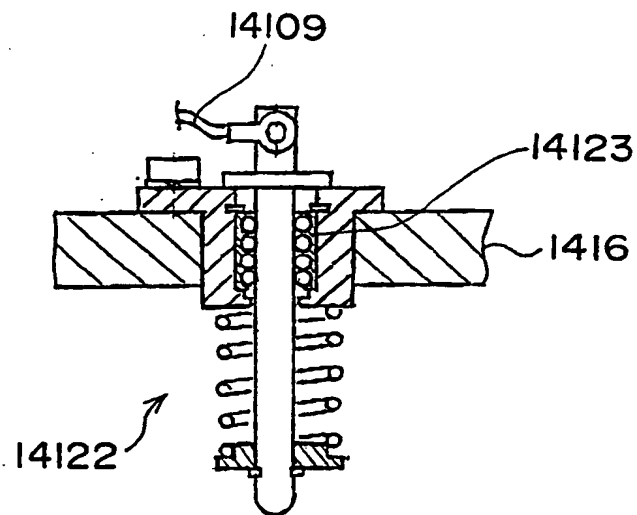
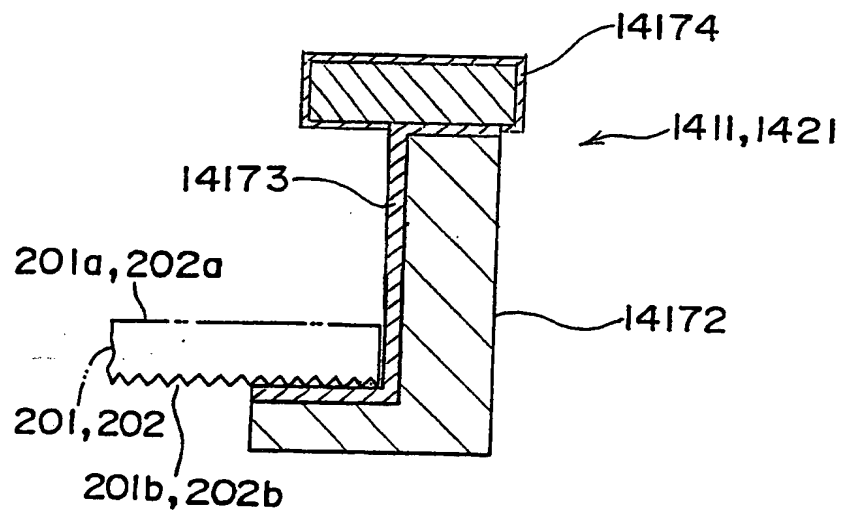


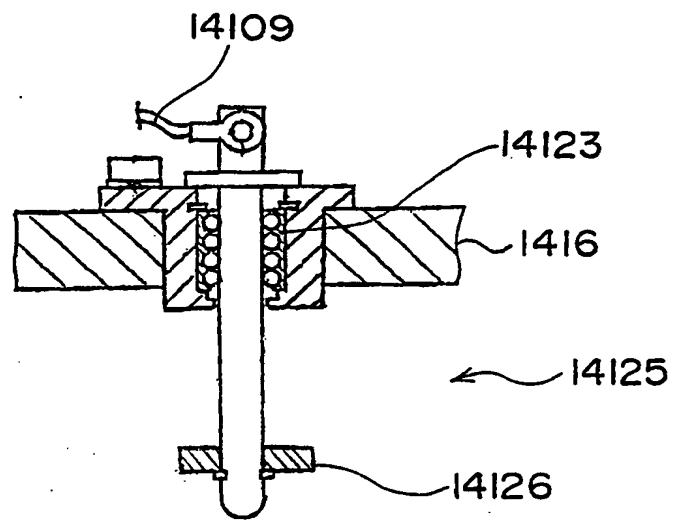
図 6 6



**THIS PAGE BLANK (OSP)**

46/60

図 6 7

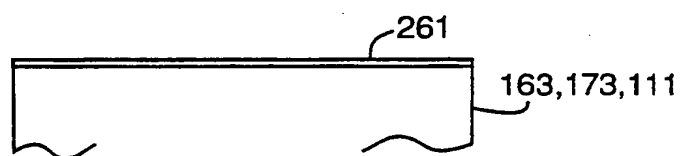


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



47/60

図 68



**THIS PAGE BLANK (USP 10)**

48/60

図 6 9

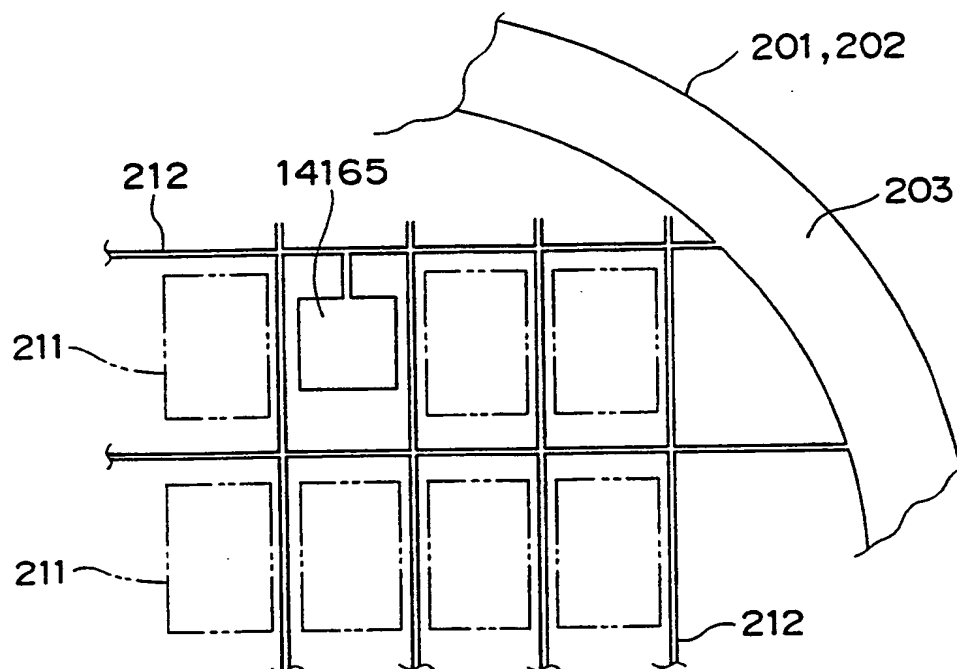
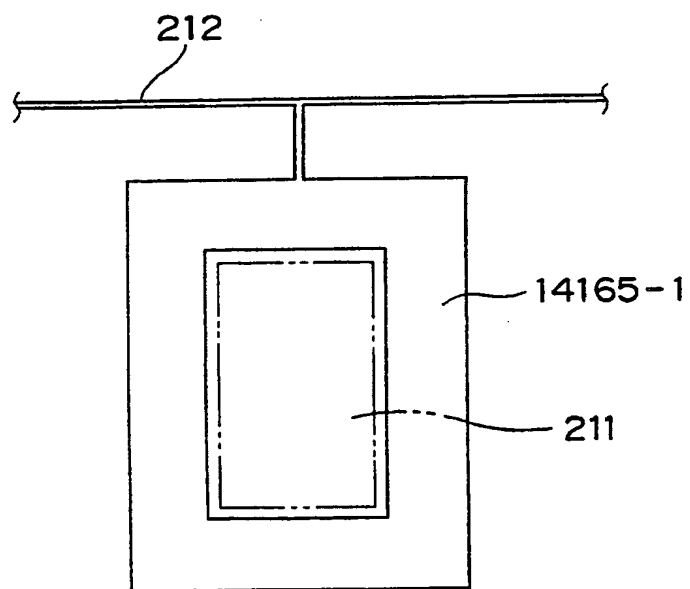


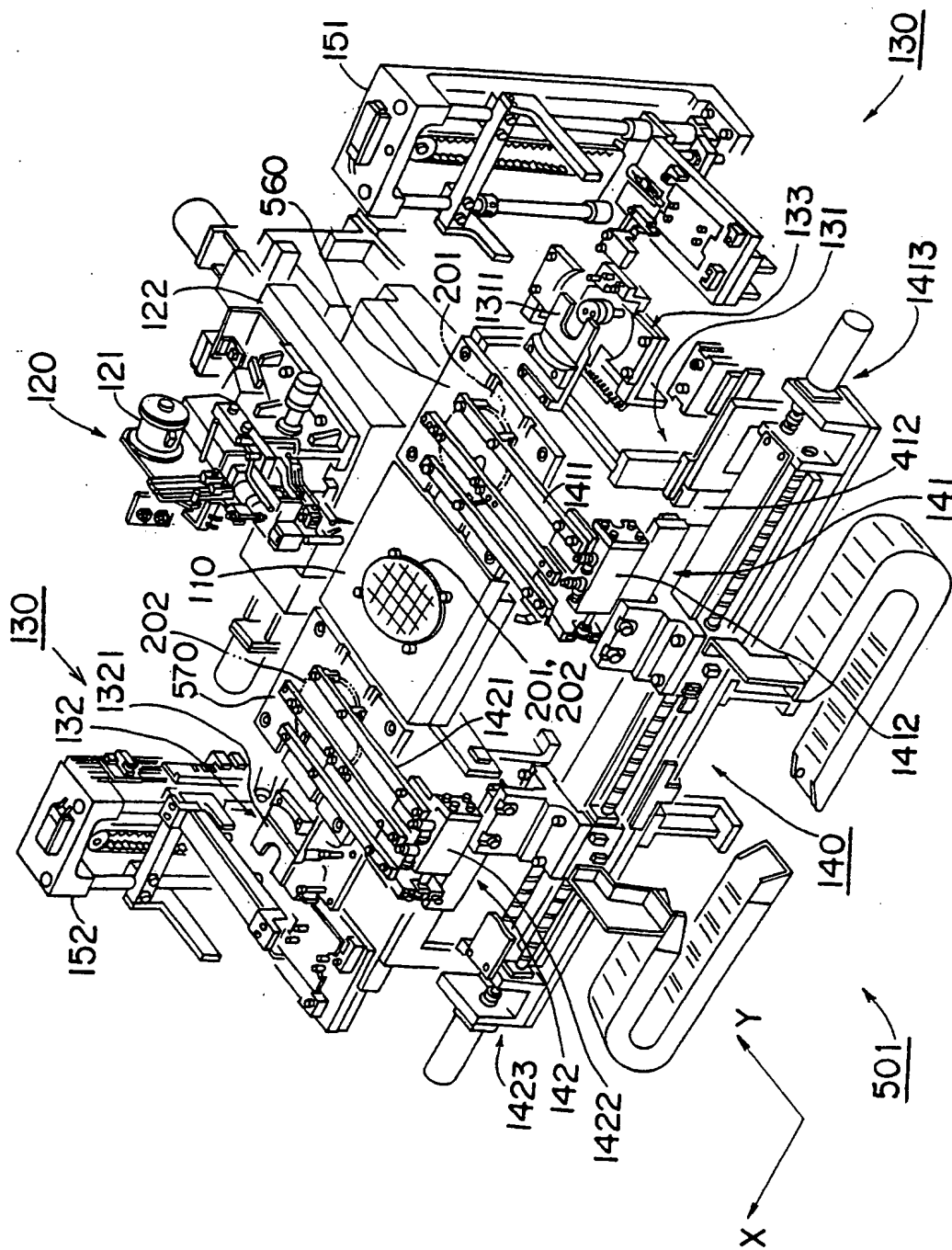
図 7 0



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

49/60

図71



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

50/60

図72

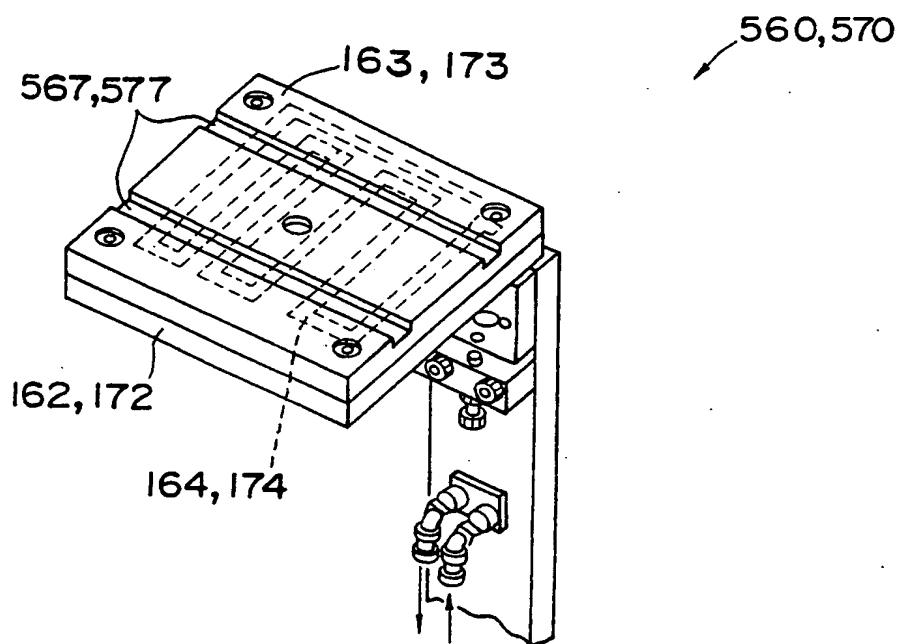
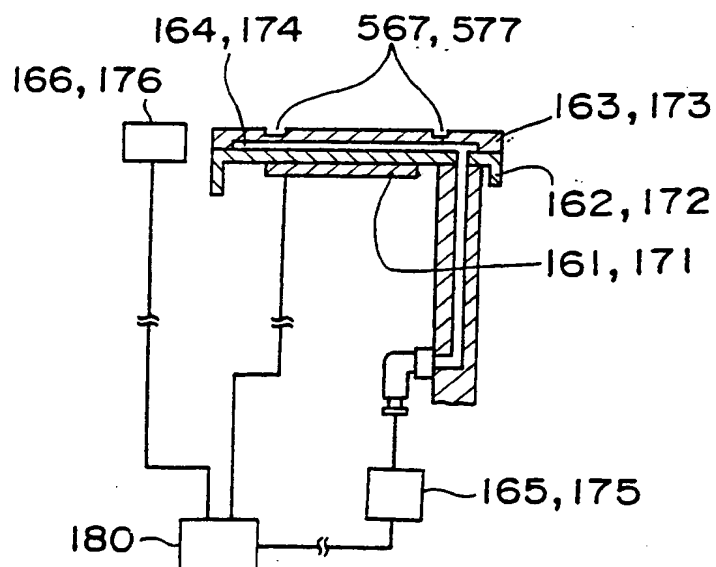


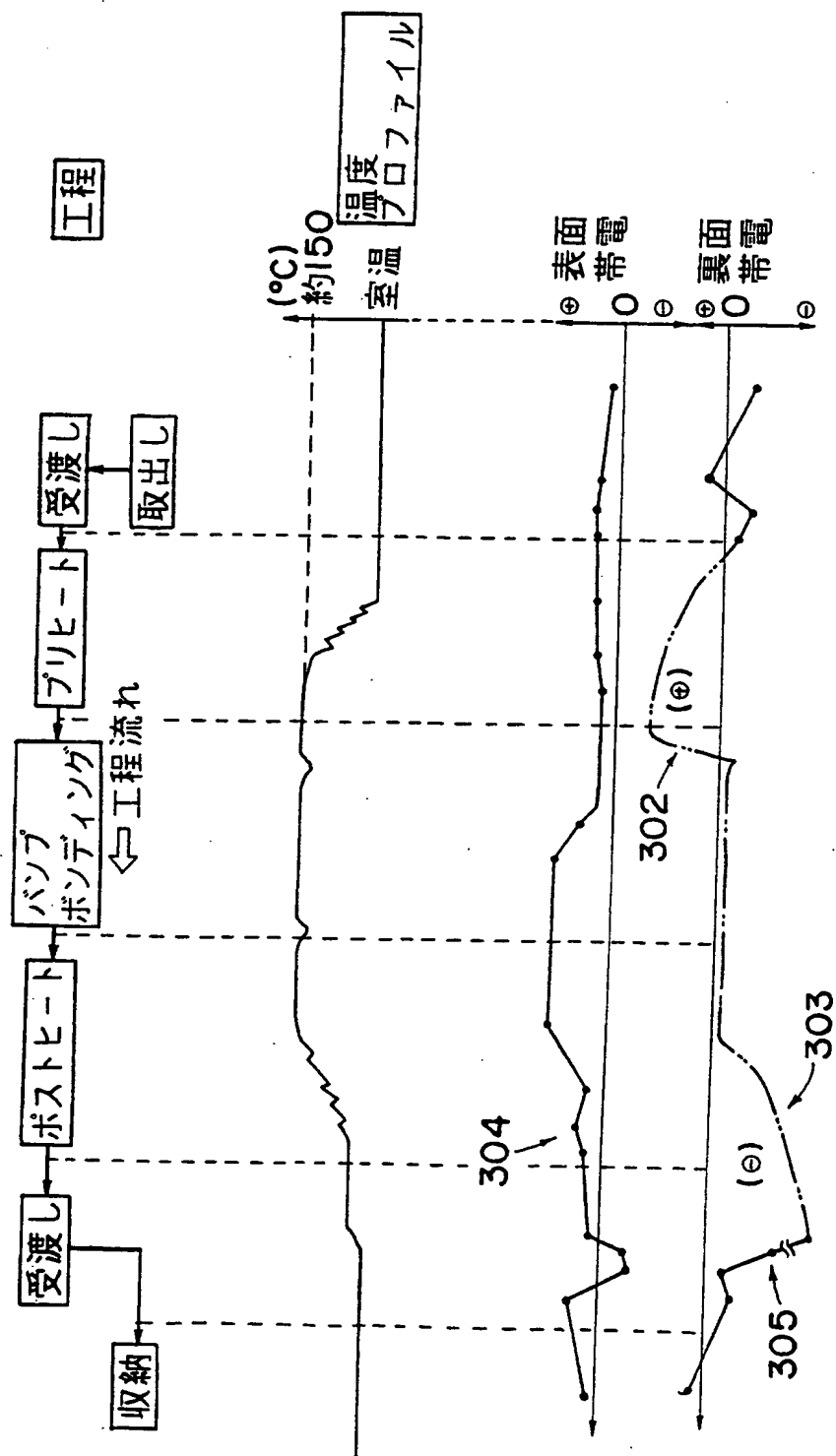
図73



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



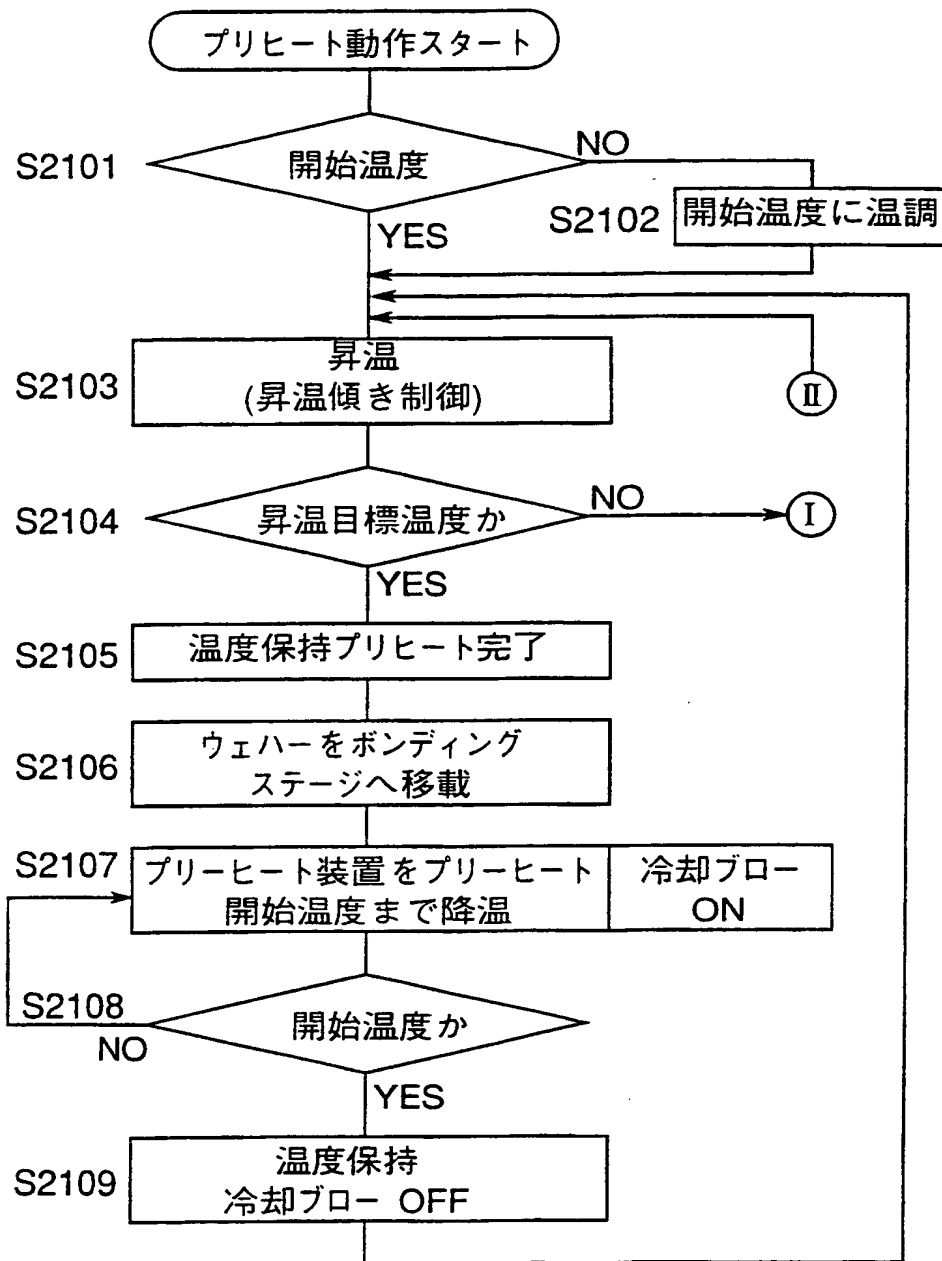
図74



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

52/60

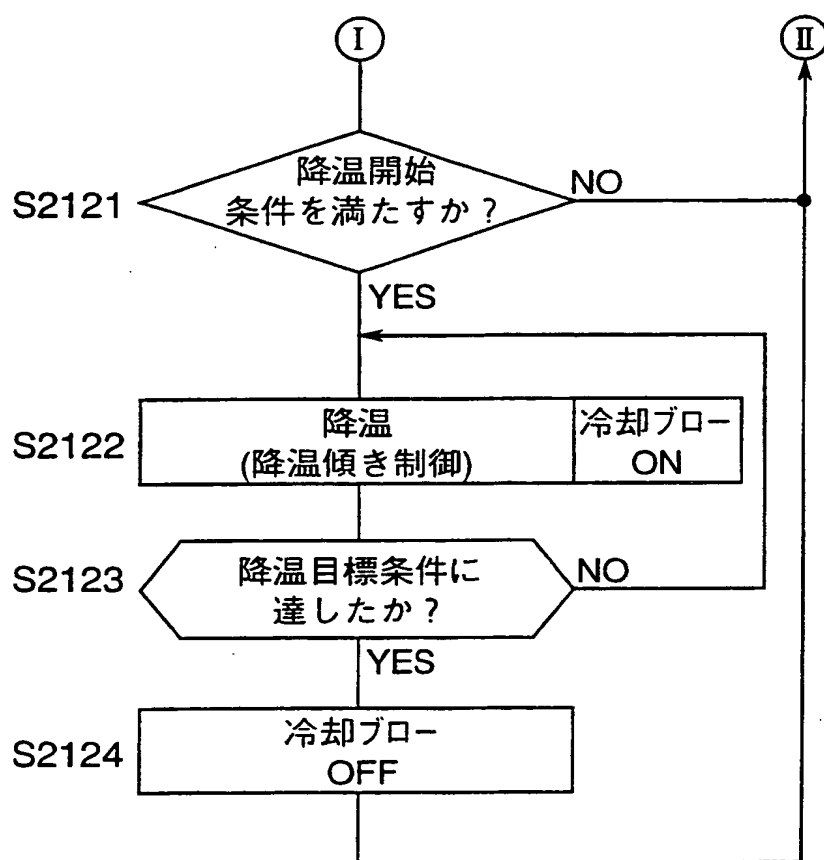
図75



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

53/60

図76



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

54/60

図77

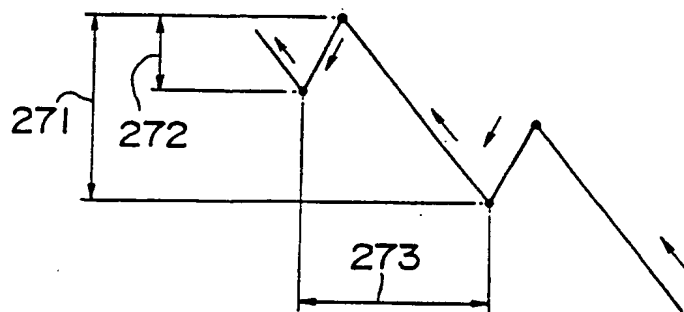
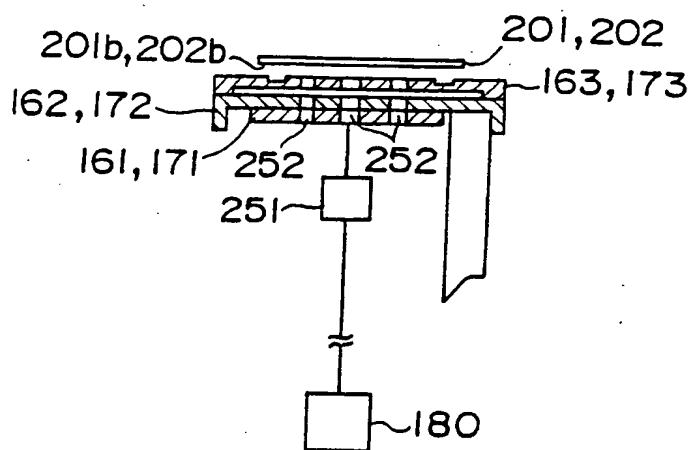


図78

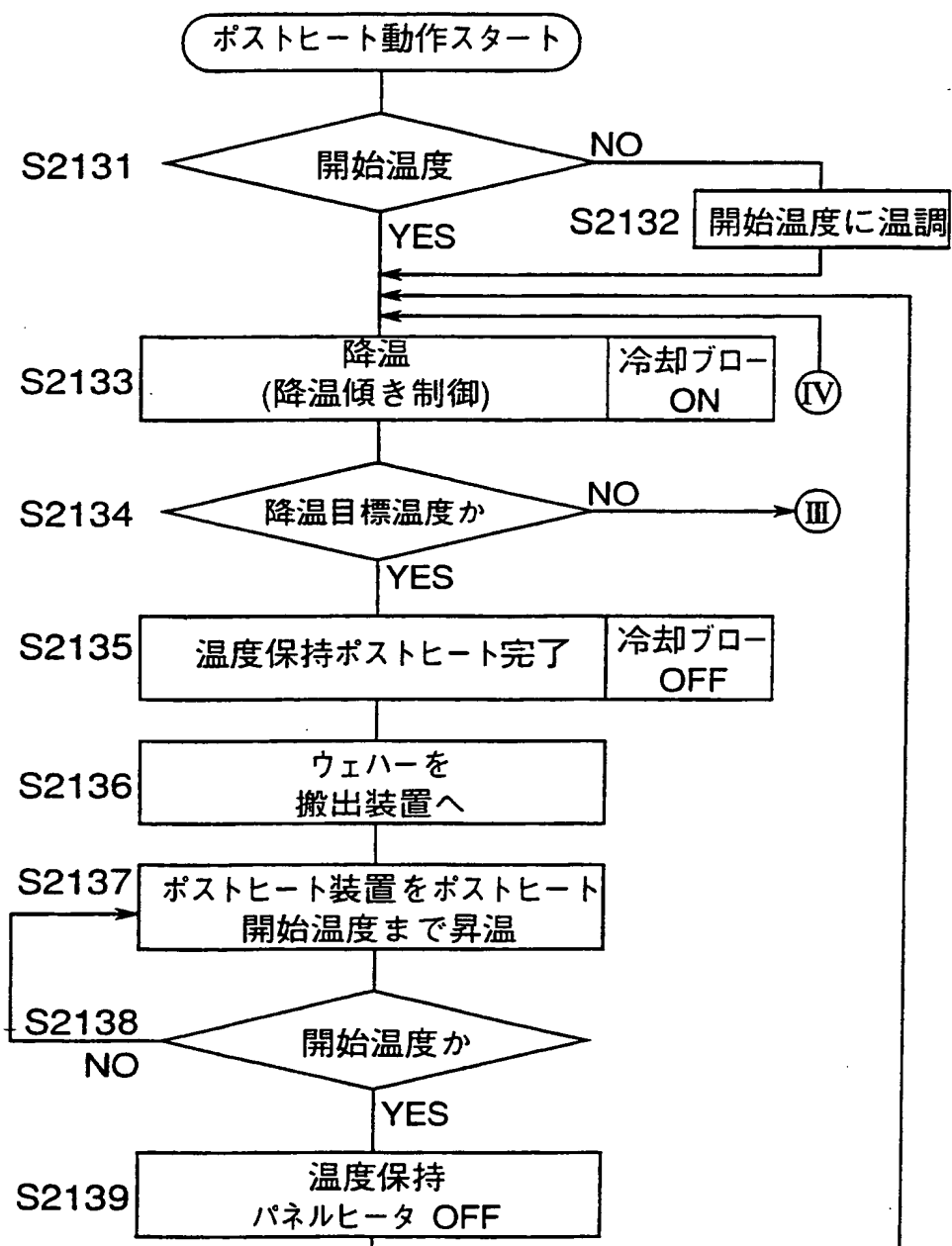


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



55/60

図79



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

56/60

図80

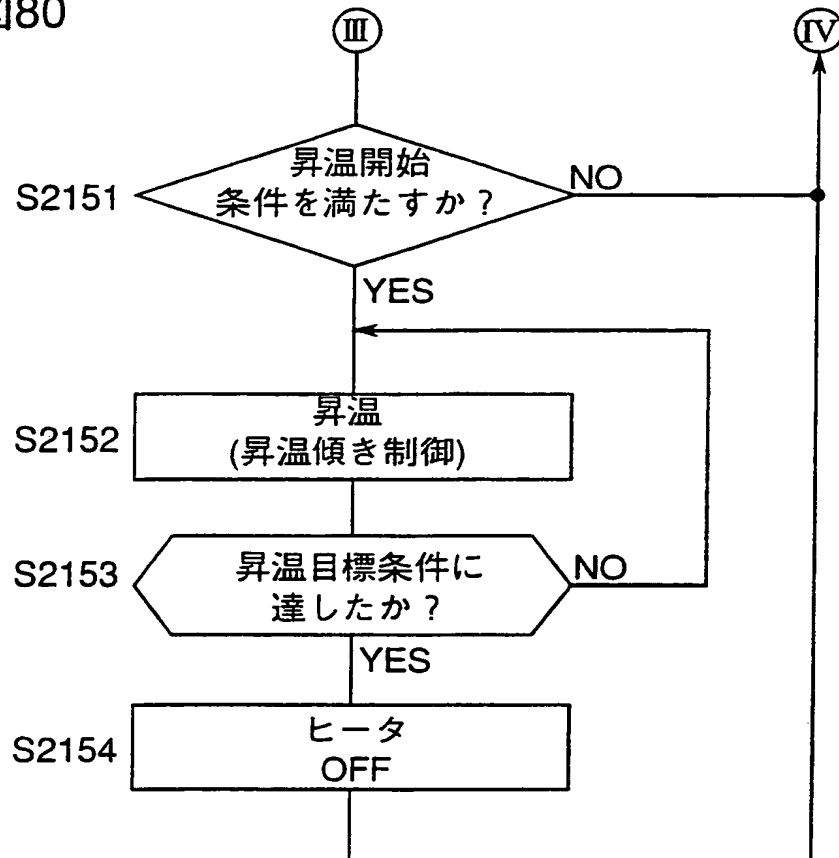
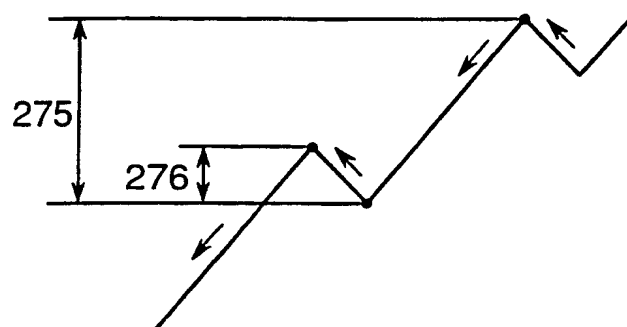


図81



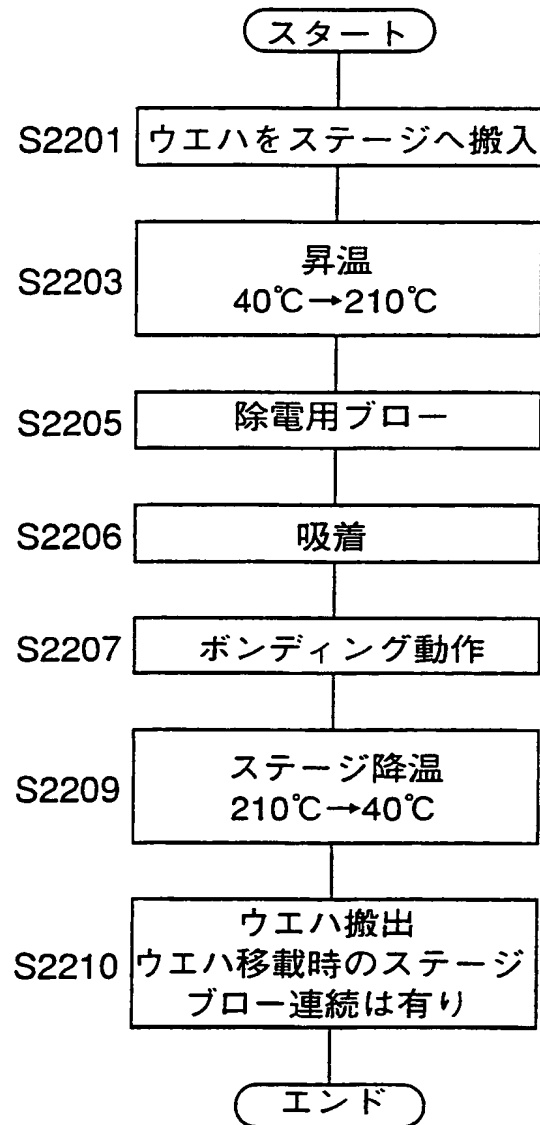
**THIS PAGE BLANK (USE TO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

58/60

図84



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



59/60

図 8 5

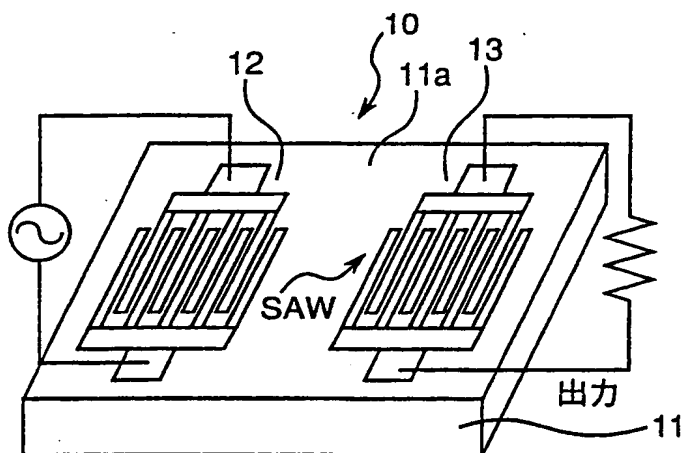


図 8 6

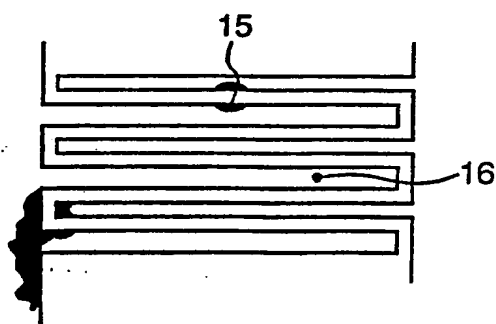
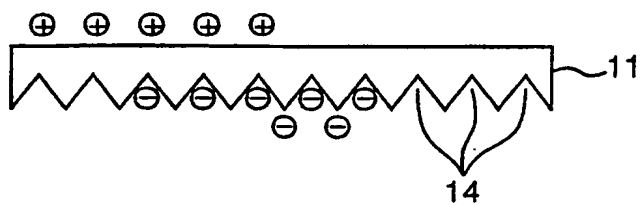


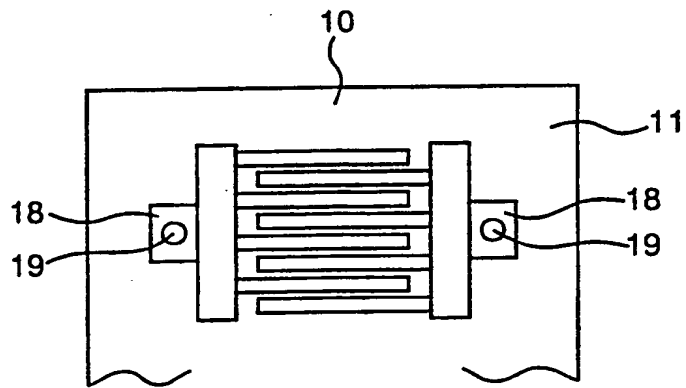
図 8 7



**THIS PAGE BLANK**

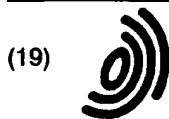
60/60

図 8 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 202 336 A1**

(12)

**EUROPEAN PATENT APPLICATION**

published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Date of publication:

02.05.2002 Bulletin 2002/18

(51) Int Cl.7: **H01L 21/60, H01L 41/22**

(21) Application number: **00942389.8**

(86) International application number:

**PCT/JP00/04280**

(22) Date of filing: **29.06.2000**

(87) International publication number:

**WO 01/03176 (11.01.2001 Gazette 2001/02)**

(84) Designated Contracting States:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priority: **02.07.1999 JP 18905399**

**15.10.1999 JP 29370299**

**29.10.1999 JP 30885599**

**15.11.1999 JP 32397999**

**20.06.2000 JP 2000184467**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL  
CO., LTD.**

**Kadoma-shi, Osaka 571-8501 (JP)**

(72) Inventors:

• **NARITA, Shoriki**  
**Hirakata-shi, Osaka 573-0018 (JP)**

• **TSUBOI, Yasutaka**  
**Hirakata-shi, Osaka 573-1146 (JP)**

• **IKEYA, Masahiko**  
**Sakai-shi, Osaka 591-8022 (JP)**

• **MAE, Takaharu**  
**Hirakata-shi, Osaka 573-0164 (JP)**

• **KANAYAMA, Shinji**  
**Kashi-hara-shi, Nara 634-0051 (JP)**

(74) Representative: **Eisenführ, Speiser & Partner**

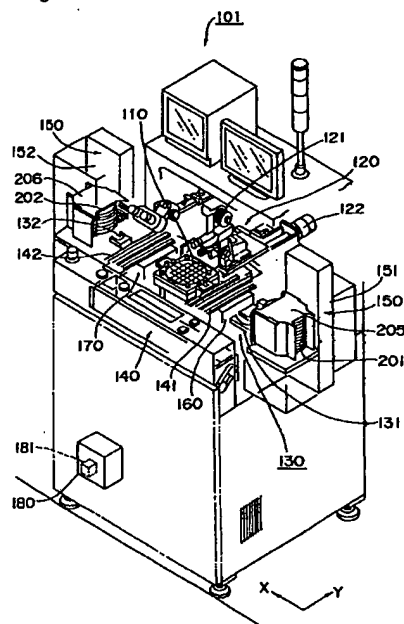
**Martinistrasse 24**

**28195 Bremen (DE)**

(54) **ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE BUMP FORMING  
DEVICE, METHOD OF REMOVING ELECTRIC CHARGE FROM ELECTRIC CHARGE  
GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, DEVICE FOR REMOVING ELECTRIC  
CHARGE FROM ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE, AND  
ELECTRIC CHARGE GENERATING SEMICONDUCTO**

(57) The present invention provides a bump forming apparatus (101, 501) which can prevent charge appearance semiconductor substrates (201, 202) from pyroelectric breakdown and physical failures, a method carried out by the bump forming apparatus for removing charge of charge appearance semiconductor substrates, a charge removing unit for charge appearance semiconductor substrates, and a charge appearance semiconductor substrate. At least when the wafer is cooled after the bump bonding to the wafer, electric charge accumulated to the wafer (202) because of the cooling is removed through direct contact with a post-forming bumps heating device (170), or the charge is removed by a decrease in temperature control that charge can be removed in a noncontact state. Therefore an amount of charge of the wafer can be reduced in comparison with the conventional art, so that the wafer is prevented from pyroelectric breakdown and damage such as a break or the like to the wafer itself.

Fig. 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Description

### Technical Field

[0001] The present invention relates to a bump forming apparatus for forming bumps onto a charge appearance type semiconductor substrate such as a piezoelectric substrate or the like which generate electric charge in accordance with a temperature change, that is, a charge appearance semiconductor substrate, a method carried out by the bump forming apparatus for removing charge of the charge appearance semiconductor substrate, a charge removing unit installed in the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates, and a charge appearance semiconductor substrate.

### Background Art

[0002] Electronic components installed in devices, e.g., portable phones and the like have been made compact these days in association with a great miniaturization of the devices. There is a bump forming apparatus which forms bumps on electrode parts in circuit form parts formed on a semiconductor wafer without separating the circuit form parts individually from the semiconductor wafer. The bump forming apparatus of the kind comprises a carry-in device for taking out the semiconductor wafer without bumps formed yet, namely, a pre-forming bumps wafer from a first storage container where the wafers before forming bumps are stored, a second storage container for storing semiconductor wafers with formed bumps, i.e., a wafer with formed bumps, a bonding stage where the wafer before forming bumps is placed on and which normally heats the semiconductor wafer to 250-270°C so as to join the electrode parts and bumps, a carry-out device for making the wafer with formed bumps store into the second storage container, and a transfer device for transferring the wafer from the carry-in device to the bonding stage and from the bonding stage to the carry-out device.

[0003] Meanwhile, there are piezoelectric substrates on which SAW (Surface Acoustic Wave) filters, used in the portable phones or the like, are formed, substrates consisting of quartz unlike conventional ones of silicon, and compound semiconductor wafers having substrates formed of lithium tantalum, lithium niobium, gallium arsenide and so on. Although the compound semiconductor wafers or the like are normally heated to about 150°C to a maximum of approximately 200°C when bumps are formed, a speed in heating and cooling the wafers must be reduced in comparison with the conventional silicon wafers.

[0004] For example, a SAW filter 10 shown in Fig. 85 has an input side circuit 12 and an output side circuit 13 formed in pair on a piezoelectric substrate 11. Bumps 19 are formed on electrode parts 18 of the SAW filter 10 by a bump forming head of the bump forming apparatus

as shown in Fig. 88. Both of the input side circuit 12 and output side circuit 13 have a shape like a fine-toothed comb. The input side circuit 12 is oscillated by a supplied input electric signal. The oscillation propagates a surface 11a of the piezoelectric substrate 11, thereby vibrating the output side circuit 13. An electronic signal is generated and outputted by the output side circuit 13 based on the vibration. The SAW filter 10 thus passes only signals of a specific frequency. The SAW filter 10 shown in Fig. 85 is one of many SAW filters 10 formed in matrix on the wafer-shaped piezoelectric substrate 11. Operations, for instance, forming bumps, etc. to circuit parts of the SAW filters 10 are carried out to the wafer-shaped piezoelectric substrate 11. Each SAW filter 10 is separated from the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 at a final stage. The wafer-shaped piezoelectric substrate 11 has a characteristic that the substrate 11 is hard to charge, but it is difficult to remove electric charge from the substrate once it is charged.

[0005] Because of using the piezoelectric substrate 11 as above, electric charge is generated by deformation or the like of the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 caused by a temperature rise and a temperature drop between a room temperature and the aforementioned approximately 150°C, thus front and rear faces of the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 become to be charged. A quantity of the charge becomes approximately 9000V at maximum.

[0006] Since the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 is thin by itself, the rear face thereof is possibly induced to vibrate by the vibration generated to the front face 11a, which adversely affects the vibration of the front face. For preventing generation of the vibration on the rear face, fine grooves 14 are formed as indicated in Fig. 87 to the rear face of the wafer-shaped piezoelectric substrate 11. Electric charge presents inside the grooves 14 is difficult to remove. Although the grooves 14 are exaggeratedly illustrated in Fig. 87, actually, the grooves 14 are formed in a size in conformity with a frequency to be processed by the SAW filter, and arranged by a pitch of approximately several  $\mu\text{m}$ -several hundreds Å(angstrom).

[0007] If the charged wafer-shaped piezoelectric substrate 11 is placed on, e.g., the bonding stage, sparking takes place in some cases between the bonding stage and the piezoelectric substrate 11 or between the front and rear faces of the wafer-shaped piezoelectric substrate 11. If the sparking occurs, the sparking melts the comb teeth part thereby breaking the circuit as indicated by reference numerals 15-17 in Fig. 86. Also when the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 is brought to, for example, above the bonding stage, the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 is attracted towards the bonding stage by charge, and consequently the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 may be broken by the attraction force. Furthermore, when the piezoelectric substrate 11 is to be moved again after putting on the bonding stage, the piezoelectric substrate may be broken

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



ken if the substrate is forced to move because a uniting force to the bonding stage is so strong.

[0008] As above, in the bump forming apparatus for forming bumps onto the substrate which generates electric charge consequent to a temperature change in the temperature rise and temperature drop such as the wafer-shaped piezoelectric substrate 11, quartz substrate wafer, compound semiconductor wafer and the like, it becomes an important issue to eliminate charge, whereas it was not a fundamental problem in the conventional bump forming apparatus for forming bumps to silicon wafers.

[0009] In the meantime, as is disclosed, e.g., in the published specification of Japanese Patent Laid-Open Publication No. 55-87434, a wafer is proposed in which an aluminum film is formed along a dicing line provided to a front face of the wafer to let electric charge of the front face out to a periphery of the wafer along the dicing line, thereby removing the charge through the periphery, or in which an aluminum film is formed to the whole of a rear face of the wafer to facilitate elimination of charge from the rear face. It is possible to remove charge from the wafer in this manner. But the aluminum film of the rear face may be separated to cause troubles at the application of a pressure and ultrasonic vibration to the rear face by a pressing member because the pressure and ultrasonic vibration are applied with the pressing member brought into contact with the rear face, for example, when each chip cut out from the wafer is flip chip mounted to the substrate via the bump. Therefore, the aluminum film formed for the purpose of elimination of charge should be removed before the chip is mounted, resulting in an increase of processes and costs.

[0010] On the other hand, since charge is generated consequent to the temperature change in the temperature rise and temperature drop to the wafer-shaped piezoelectric substrate 11, quartz substrate wafer or compound semiconductor wafer as discussed above, a speed of the temperature rise and temperature drop should be set lower than in conventional silicon wafers. As a result, a cycle time becomes undesirably lengthy in the case of the piezoelectric substrate 11, etc. as compared with conventional silicon wafers not accompanied with generation of charge.

[0011] Moreover, for example when the temperature change takes place as the wafer-shaped piezoelectric substrate 11, quartz substrate wafer or compound semiconductor wafer is placed on the bonding stage after raised in temperature, for example the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 is warped due to a difference between a raised temperature and a temperature of the bonding stage. This warpage should be corrected, because the wafer-shaped piezoelectric substrate 11 would crack, be chipped or break if bumps were formed to the warped substrate.

[0012] The present invention is devised to solve the above-described problems, and has for its object to provide a bump forming apparatus which can effectively re-

move charge generated as a result of a temperature rise and a temperature drop of charge appearance semiconductor substrates before and after bumps are formed to the substrates, can operate with a cycle time not inferior to a cycle time for substrates not accompanied with generation of charge even in the presence of a temperature difference, and will not break the charge appearance semiconductor substrates, that is, which can prevent the charge appearance semiconductor substrates from pyroelectric breakdown and physical failures, a method carried out by the bump forming apparatus for removing charge of charge appearance semiconductor substrates, a charge removing unit installed in the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates, and a charge appearance semiconductor substrate.

#### Disclosure Of Invention

[0013] In accomplishing this and other objects and features, a bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates is provided according to a first aspect of the present invention, which is equipped with a bump forming head for forming bumps onto electrodes of a circuit on the charge appearance semiconductor substrate which generates electric charge in consequence of a temperature change in a state while heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps,

said bump forming apparatus comprising:

a heating and cooling apparatus for eliminating electric charge generated to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate after bumps are bonded to the heated substrate; and

a controller for executing a decrease in temperature control for cooling the substrate after the bonding to the heating and cooling apparatus.

[0014] In the above constitution, because of comprising the heating and cooling apparatus and the controller, at least when the charge appearance semiconductor substrate is cooled after the bumps are bonded thereto, charge accumulated to the charge appearance semiconductor substrate is removed. Therefore an amount of charge of the charge appearance semiconductor substrate can be reduced in comparison with the conventional art. Occurrences of damages such as a pyroelectric breakdown of the circuit formed to the charge appearance semiconductor substrate and a break of the charge appearance semiconductor substrate itself, etc., caused by the charging can be prevented accordingly.

[0015] In a bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to a second aspect of the present invention, when executing the cooling, the heating and cooling apparatus can be adopted to come in contact with a rear face opposite to

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

a front face as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate so as to eliminate charge generated to the substrate because of the decrease in temperature in the cooling.

[0016] According to a third aspect of the present invention, there is provided a method for removing charge of charge appearance semiconductor substrates which generate charge in consequence of a temperature change thereof, which comprises:

forming bumps to electrodes of a circuit on the substrate with the substrate heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps, when the substrate is cooled after forming bumps, and eliminating electric charge which is generated to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate through a load member on which the substrate is placed.

[0017] According to these constitution, electric charge can be eliminated, because the heating and cooling apparatus comes in direct contact with the charge appearance semiconductor substrate when the substrate is cooled after the bumps are formed thereto.

[0018] According to a fourth aspect of the present invention, the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates can be configured so that the heating and cooling apparatus preheats the substrate to a vicinity of the bump bonding temperature before heating the substrate to the bump bonding temperature, and further eliminates charge generated to the substrate because of a temperature rise by the preheating through contact with the rear face of the substrate, the controller executes a temperature rise control for the preheating operation to the heating and cooling apparatus.

[0019] According to the above constitution, electric charge generated to the charge appearance semiconductor substrate by the preheating of heating the substrate to the bump bonding temperature can be removed as well. Damages such as the pyroelectric breakdown and the break, etc., can be reduced more.

[0020] According to a fifth aspect of the present invention, the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates can be constituted in a structure wherein the heating and cooling apparatus comprises a bump bonding stage for heating the substrate to the bump bonding temperature, and a cooling device for cooling the substrate in accordance with the decrease in temperature control by the controller, and the cooling device includes a heat diffuser member which comes in contact with the rear face of the substrate, a heating part detachable to the heat diffuser member for raising the heat diffuser member in temperature, and a separator for separating the heat diffuser member and the heating part so as to promote cooling of the heat diffuser member.

[0021] In the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to a sixth aspect of the present invention, the heating and cooling apparatus may comprise a bump bonding stage for heating the substrate to the bump bonding temperature, and a preheat device for preheating the substrate in accordance with the temperature rise control by the controller, and the preheat device may include a heat diffuser member which comes in contact with the rear face of the substrate, a heating part which comes in contact with the heat diffuser member so as to raise the heat diffuser member in temperature, and a separator for separating the heat diffuser member and the heating part so as to promote cooling of the heat diffuser member.

[0022] According to the above constitution, since the heat diffuser member and the heating part are separated by the separator, the cooling of the heat diffuser member is accelerated, thereby shortening a cycle time in comparison with the conventional art. Moreover, the heating part can have a longer service life.

[0023] According to a seventh aspect of the present invention, the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates may further include a gas supply device for supplying a gas to the substrate placed to the heating and cooling apparatus,

wherein the controller executes a warpage correction control for correcting a warpage generated to the substrate placed to the heating and cooling apparatus to either the gas supply device, or the heating and cooling apparatus.

[0024] In the above arrangement of blowing the gas to the charge appearance semiconductor substrate from the gas supply device, the warpage of the charge appearance semiconductor substrate can be corrected and the damage such as break or the like can be prevented.

[0025] In the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrate according to an eighth aspect of the present invention, it can be so arranged that the controller executes a blowing control for charge removal for eliminating charge generated to the substrate placed to the heating and cooling apparatus to the gas supply device.

[0026] According to the above constitution, since the controller executes the blowing control for charge removal to the gas supply device, the blowing control enables electric charge of the charge appearance semiconductor substrate to be removed, so that the damage such as pyroelectric breakdown and break or the like can be avoided.

[0027] According to a ninth aspect of the present invention, the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates may be further equipped with a contact member for charge removal which comes in contact with the front face of the substrate thereby removing charge of an amount generated to the front face.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[0028] Not only electric charge of the front face of the charge appearance semiconductor substrate can be eliminated by the contact member, but the damage such as pyroelectric breakdown and break and the like can be prevented in the arrangement.

[0029] According to a 10th aspect of the present invention, the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates may be designed to further include an ion generator for generating ions for neutralizing charge accumulated to the substrate.

[0030] Electric charge of the charge appearance semiconductor substrate can be neutralized by the ion generator arranged as above and the damage such as pyroelectric breakdown, break and the like can be prevented.

[0031] In the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to an 11th aspect of the present invention, the apparatus can be configured to further comprise a wafer holding part with holding hooks for holding the substrate by the holding hooks and transferring the substrate to the heating and cooling apparatus, wherein the wafer holding part and the holding hooks are coated with an insulating material at a portion where the ions generated from the ion generator act.

[0032] Since the holding hook portions of the wafer holding part are coated with the insulating material, ions generated from the ion generator can be prevented from acting to a metallic part to decrease the charge removal effect.

[0033] According to a 12th aspect of the present invention, in the bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates, the heating and cooling apparatus may be metal plated at a portion in contact with the rear face of the substrate for improving a heat conductivity between the heating and cooling apparatus and the substrate and removing charge of the substrate.

[0034] The metal plating in the above constitution improves the heat conductivity between the heating and cooling apparatus and the substrate, and enhances the charge removal effect for the substrate.

[0035] A charge removing unit for charge appearance semiconductor substrates according to a 13th aspect of the present invention comprises:

a heating/cooling apparatus which comes in contact with a rear face opposite to a front face as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate which generates charge in consequence of a temperature change, thereby removing charge generated to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate after heating the substrate; and  
a controller for executing a decrease in temperature control for cooling the substrate to the heating and cooling apparatus.

[0036] A charge appearance semiconductor substrate provided according to a 14th aspect of the present invention comprises:

5 a region for charge removal which is formed to a front face as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate which generates charge in consequence of a temperature change and which is formed of a conductor for eliminating charge generated to the substrate; and  
10 dicing lines, connected to the region for charge removal, for dicing circuit-formed parts formed to the front face from the substrate.

15 [0037] In a charge removal method according to a 15th aspect of the present invention, which comprises:

bringing a charge appearance semiconductor substrate defined in the 14th aspect into contact with a  
20 contact member for charge removal defined in the ninth aspect; and  
eliminating charge generated to the substrate.

[0038] According to the charge appearance semiconductor substrate of the 14th aspect and the charge removal method of the 15th aspect, there are arranged the region for charge removal and the dicing lines, so that charge generated to the charge appearance semiconductor substrate can be eliminated from the region  
25 for charge removal, or via the region for charge removal and the dicing lines. The damage resulting from the charging such as pyroelectric breakdown of the circuit formed to the substrate and break of the substrate itself, etc. can be prevented accordingly. An amount of charge of the charge appearance semiconductor substrate varies, e.g., depending on a manner of earthing from the circuit-formed parts of the substrate to the dicing lines of the substrate. The amount of charge can be reduced to approximately  $\pm 20V$  without using the ion generator  
30 when electric charge is removed most effectively. The amount of charge can be reduced to approximately  $\pm 200V$  on average.

[0039] According to a 16th aspect of the present invention, a charge appearance semiconductor substrate which has an amount of charge of not larger than  $\pm 200V$  because of eliminating charge generated to the charge appearance semiconductor substrate which generates charge in consequence of a temperature change.

[0040] According to a 17th aspect of the present invention, electric charge of the charge appearance semiconductor substrate is removed by the charge removal method of the above-described third aspect.

[0041] The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to an  
55 18th aspect of the present invention may be configured so that the decrease in temperature control by the controller is a control for eliminating charge generated to the charge appearance semiconductor substrate as a

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

result of the decrease in temperature in the cooling, while the heating and cooling apparatus heats the substrate to the bump bonding temperature in a non-contact state to the substrate and cools the substrate in the non-contact state in accordance with the decrease in temperature control by the controller after the bonding.

[0042] According to a 19th aspect of the present invention is provided a method for removing charge of charge appearance semiconductor substrates which generates electric charge in consequence of a temperature change, the method comprising:

forming bumps to electrodes formed in a circuit on the substrate which generates electric charge in consequence of a temperature change with the substrate heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps; and after the bump-forming, when the substrate is cooled with use of a cooling device arranged in a non-contact state to the substrate for heating the substrate thereby adjusting a decrease in temperature of the substrate, executing a decrease in temperature control for eliminating charge generated as a result of the decrease in temperature in cooling the substrate to the cooling device.

[0043] Since the decrease in temperature is controlled for the heating and cooling apparatus to remove electric charge accumulated to the substrate in the non-contact state to the substrate when the substrate is cooled after having bumps formed thereto, the amount of electric charge can be reduced as compared with the conventional art. The damage caused by the charging to the circuit formed to the substrate and break of the substrate itself, etc. can be prevented without providing the substrate with a charge removal means for removing charge.

[0044] According to a 20th aspect of the present invention, the decrease in temperature control in the bump forming apparatus of the 18th aspect can be designed to alternately repeat a decrease in temperature and, a temperature rise by a temperature width smaller than a decrease temperature width of the decrease in temperature.

[0045] In the above bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates of the 18th aspect, the heating of the substrate at the heating and cooling apparatus to the bump bonding temperature may include preheating operation for preliminarily heating the substrate to a vicinity of the bump bonding temperature,

the controller may further execute a temperature rise control for removing charge generated to the charge appearance semiconductor substrate as a result of a temperature rise in the preheating to the heating and cooling apparatus.

[0046] The aforementioned temperature rise control

can be designed to alternately repeat a temperature rise, and a decrease in temperature by a temperature width smaller than a raise temperature width of the temperature rise.

[0047] A charge removing unit for charge appearance semiconductor substrates is provided according to a 21st aspect of the present invention, which comprises:

a controller for executing a decrease in temperature control to eliminate electric charge generated as a result of a decrease in temperature in cooling after heating the charge appearance semiconductor substrate which generates electric charge in consequence of a temperature change; and a heating and cooling apparatus for heating the substrate in a non-contact state to the substrate and cooling the substrate in accordance with the decrease in temperature control by the controller after the cooling.

[0048] A charge appearance semiconductor substrate according to a 22nd aspect of the present invention has charge removed by the charge removal method of the 19th aspect.

#### Brief Description Of Drawings

[0049] These and other aspects and features of the present invention will become clear from the following description taken in conjunction with the preferred embodiments thereof with reference to the accompanying drawings, in which:

Fig. 1 is a perspective view of an entire constitution of a bump forming apparatus according to a first embodiment of the present invention;

Fig. 2 is a perspective view showing in detail a structure of essential parts of the bump forming apparatus of Fig. 1;

Fig. 3 is a perspective view showing in detail a constitution of a carry-in device of Figs. 1 and 2;

Fig. 4 is a perspective view showing in detail a constitution of an orientation flat registration device of Figs. 1 and 2;

Fig. 5 is a perspective view showing in detail a constitution of a transfer device of Figs. 1 and 2;

Fig. 6 is a diagram showing in detail a holding hook portion of a wafer holding part of Fig. 5;

Fig. 7 is a diagram showing in detail a constitution of a contact member for charge removal of the wafer holding part in Fig. 5;

Fig. 8 is a diagram showing a constitution of another example of the contact member for charge removal of the wafer holding part of Fig. 5;

Fig. 9 is a diagram indicative of a relationship of an aluminum film formed to a wafer circumferential edge portion and a contact position of the contact member for charge removal;

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 10 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 11 is a diagram showing a structure of a bump bonding unit of Fig. 1;

Fig. 12 is a diagram explanatory of a wafer warpage;

Fig. 13 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 14 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 15 is a perspective view explanatory of a structure of the member for charge removal shown in Fig. 14;

Fig. 16 is a perspective view explanatory of the structure of the member for charge removal of Fig. 14;

Fig. 17 is a perspective view of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 18 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 19 is a diagram of a modification of the contact member for charge removal of Fig. 18;

Fig. 20 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 21 is a perspective view of a modified example of a member provided at one end of the contact member for charge removal;

Fig. 22 is a perspective view of a preheat device and a post-forming bumps heating device;

Fig. 23 is a diagram for explaining operations of the preheat device and post-forming bumps heating device of Fig. 22;

Fig. 24 is a diagram for explaining operations of the preheat device and post-forming bumps heating device of Fig. 22;

Fig. 25 is a perspective view of an aluminum plate and a heater plate frame of the preheat device and post-forming bumps heating device of Fig. 22;

Fig. 26 is a perspective view of the aluminum plate and the plate heater frame of the preheat device and post-forming bumps heating device of Fig. 22;

Fig. 27 is a flow chart of operations of the bump forming apparatus in Fig. 1;

Fig. 28 is a diagram explanatory of operation in step 2 in Fig. 27 showing a state that the wafer is being moved up by the carry-in device;

Fig. 29 is a diagram explanatory of the operation in step 2 in Fig. 27 showing a state immediately before the wafer is held by a carry-in side transfer device;

Fig. 30 is a diagram explanatory of the operation in step 2 in Fig. 27 showing a state immediately after the wafer is held by the carry-in side transfer device;

Fig. 31 is a diagram explanatory of the operation in step 2 in Fig. 27 showing a state that the wafer is held by the carry-in side transfer device;

Fig. 32 is a flow chart explanatory of operation in step 3 of Fig. 27 in a case where a plate heater frame and the aluminum plate are separated from

each other;

Fig. 33 is a diagram explanatory of the operation in step 3 of Fig. 27 showing a state that a wafer before forming bumps is transferred to above the preheat device;

Fig. 34 is a diagram explanatory of the operation in step 3 of Fig. 27 showing a state that the wafer before forming bumps is placed on the aluminum plate;

Fig. 35 is a diagram explanatory of the operation in step 3 of Fig. 27 showing a state that holding of the wafer before forming bumps by the wafer holding part is released;

Fig. 36 is a diagram explanatory of the operation in step 3 of Fig. 27 showing a state that the aluminum plate having the wafer before forming bumps loaded is moved down;

Fig. 37 is a flow chart explanatory of the operation in step 3 of Fig. 27 in a case where the plate heater frame and aluminum plate are not separated from each other;

Fig. 38 is a diagram explanatory of operation in step 4 of Fig. 27, specifically, a diagram of a temperature rise control in preheating;

Fig. 39 is a diagram of a modified example of the temperature rise control in preheating;

Fig. 40 is a flow chart explanatory of a transfer operation from the preheat device to the bump bonding unit in step 5 in Fig. 27 in a case where the plate heater frame and the aluminum plate are separated from each other;

Fig. 41 is a flow chart explanatory of a transfer operation from the preheat device to the bump bonding unit in step 5 in Fig. 27 in a case where the plate heater frame and the aluminum plate are not separated from each other;

Fig. 42 is a flow chart explanatory of a warpage correction carried out by blowing a hot air when the wafer before forming bumps is transferred to the bump bonding stage in step 5 of Fig. 27;

Fig. 43 is a flow chart explanatory of a warpage correction carried out without blowing the hot air when the wafer before forming bumps is transferred to the bump bonding stage in step 5 of Fig. 27;

Fig. 44 is a graph of a temperature rise by the temperature rise control in preheating;

Fig. 45 is a diagram explanatory of operation in step 5 of Fig. 27 showing a state that the wafer before forming bumps is arranged above the bonding stage;

Fig. 46 is a diagram explanatory of operation in step 5 of Fig. 27 showing a state immediately before the wafer is held by the bonding stage;

Fig. 47 is a diagram explanatory of operation in step 5 of Fig. 27 showing a state that the wafer is held on the bonding stage and then the carry-in side transfer device releases the holding of the wafer;

Fig. 48 is a diagram explanatory of operation in step

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5 of Fig. 27 showing a state that the wafer is held at the bonding stage;

Fig. 49 is a graph of a decrease in temperature by a decrease in temperature control in post-forming bumps heating;

Fig. 50 is a flow chart explanatory of the post-forming bumps heating;

Fig. 51 is a flow chart of operation of heating the wafer holding part when the post-forming bumps heating starts;

Fig. 52 is a graph of a decrease in temperature pattern in the post-forming bumps heating;

Fig. 53 is a flow chart explanatory of the post-forming bumps heating;

Fig. 54 is a flow chart explanatory of the post-forming bumps heating;

Fig. 55 is a flow chart of operation of carrying out a wafer with formed bumps from the post-forming bumps heating device after the post-forming bumps heating;

Fig. 56 is a diagram explanatory of operation in step 8 of Fig. 27 showing a state that the wafer with formed bumps held by the carry-out side transfer device is disposed above the carry-out device;

Fig. 57 is a diagram explanatory of operation in step 8 of Fig. 27 showing a state that a holding part of the carry-out device is brought in contact with the wafer with formed bumps;

Fig. 58 is a diagram explanatory of operation in step 8 of Fig. 27 showing a state immediately after the holding of the wafer by the carry-out side transfer device is released;

Fig. 59 is a diagram explanatory of operation in step 8 of Fig. 27 showing a state immediately before the wafer with formed bumps held by the holding part of the carry-out device is placed to a holding stage;

Fig. 60 is a diagram explanatory of operation in step 8 of Fig. 27 showing a state that the wafer with formed bumps is placed on the holding stage;

Fig. 61 is a diagram showing a state in which an ion generator acts ions to the wafer with formed bumps when the wafer is moved from the carry-out side transfer device to the carry-out device in Fig. 1;

Fig. 62 is a perspective view of a modified example of the bump forming apparatus of Fig. 1;

Fig. 63 is a flow chart explanatory of blowing operation for charge removal which is carried out by the bump forming apparatus of Fig. 62;

Fig. 64 is a plan view of a sub plate attached to the wafer before forming bumps;

Fig. 65 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 66 is a diagram of a modified example of the carry-in side transfer device and carry-out side transfer device shown in Figs. 1 and 2;

Fig. 67 is a diagram of a modified example of the contact member for charge removal;

Fig. 68 is a diagram of a state where a contact face

to a charge appearance semiconductor substrate in each of the preheat device, post-forming bumps heating device and bonding stage of Figs. 1 and 2 is provided with silver plating;

Fig. 69 is a plan view of the charge appearance semiconductor substrate having a region for charge removal formed;

Fig. 70 is a diagram of a modified example of the region for charge removal of Fig. 69;

Fig. 71 is a perspective view showing in detail a structure of essential parts of a bump forming apparatus as a modified example of the bump forming apparatus of Fig. 1;

Fig. 72 is a perspective view showing in detail the constitution of a preheat device and a post-forming bumps heating device in Fig. 71;

Fig. 73 is a sectional view showing the constitution of the preheat device and post-forming bumps heating device of Fig. 71;

Fig. 74 is a graph of a relationship of a flow of operations in the bump forming apparatus in Fig. 71, a temperature change of the wafer and an amount of charge of the wafer;

Fig. 75 is a flow chart of the preheating in Fig. 27;

Fig. 76 is a flow chart of a temperature rise control shown in Fig. 75;

Fig. 77 is a graph of a temperature rise in the temperature rise control of Fig. 76;

Fig. 78 is a diagram showing a structure for measuring the amount of charge of the wafer in the preheating and post-forming bumps heating by an electrostatic sensor;

Fig. 79 is a flow chart of the post-forming bumps heating in Fig. 27;

Fig. 80 is a flow chart of a decrease in temperature control in Fig. 79;

Fig. 81 is a graph of a decrease in temperature in the decrease in temperature control in Fig. 80;

Fig. 82 is a diagram of a state in which the ion generator acts ions to the wafer with formed bumps in the post-forming bumps heating in Fig. 27;

Fig. 83 is a diagram of a state in which the ion generator acts ions to the wafer before forming bumps in the preheating in Fig. 27;

Fig. 84 is a flow chart explanatory of the blowing operation for charge removal which is executed by the bump forming apparatus of Fig. 62;

Fig. 85 is a perspective view of a structure of a SAW filter;

Fig. 86 is a diagram of damage at a comb-toothed circuit part of the SAW filter;

Fig. 87 is a diagram explanatory of a state where front and rear faces of a piezoelectric substrate wafer are charged; and

Fig. 88 is a plan view of a state in which bumps are formed to circuit electrode parts.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

### Best Mode for Carrying Out the Invention

[0050] A bump forming apparatus, a method carried out by the bump forming apparatus for removing charge of charge appearance semiconductor substrates, a charge removing unit installed to the bump forming apparatus for removing charge of the charge appearance semiconductor substrates, and a charge appearance semiconductor substrate which are embodiments of the present invention will be described with reference to the drawings. It is to be noted that like parts are designated by like reference numerals throughout the drawings.

[0051] A bump forming apparatus 101 according to the embodiment shown in Figs. 1 and 2 is appropriate to process a wafer-shaped piezoelectric substrate (referred to as a "piezoelectric substrate wafer", hereinafter) for forming the SAW filter mentioned before, and will be described below by way of example to form bumps to the piezoelectric substrate wafer. However, objects to be processed by the apparatus are not limited to the piezoelectric substrate wafer. In other words, the bump forming apparatus 101 of the embodiment is applicable to compound semiconductor wafers such as, e.g.,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$  and the like corresponding to charge appearance type semiconductor substrates which generate electric charge in consequence of a temperature change (referred to simply as "charge appearance semiconductor substrates" below), and quartz semiconductor wafers with a quartz substrate, etc. The apparatus is also applicable to Si semiconductor wafers with a Si substrate, in which case the wafer when bumps are formed thereto is heated to a temperature of approximately 250-270°C as discussed earlier.

[0052] The bump forming apparatus 101 has a first storage container 205 for storing in layers piezoelectric substrate wafers 201 before bumps are formed, and a second storage container 206 for storing in layers piezoelectric substrate wafers 202 after bumps are formed, that is, the bump forming apparatus is a double magazine type. However, the apparatus is not limited to the type and can be constructed in a single magazine type having both of the wafers 201 and 202 stored in one storage container.

[0053] A bonding stage 110, a preheat device 160, and a post-forming bumps heating device 170 which will be described below correspond to a heating/cooling apparatus, and the post-forming bumps heating device 170 is an example functioning as a cooling device.

[0054] The heating/cooling apparatus and a controller 180 to be described later constitute the charge removing unit.

[0055] The bump forming apparatus 101 roughly comprises one bonding stage 110, one bump forming head 120, a carry unit 130, a transfer device 140 provided with each of a carry-in side and a carry-out side, a lifting device 150 provided with each of the storage containers 205, 206 for moving the storage containers 205, 206 up and down, the preheat device 160, the post-

forming bumps heating device 170, and the controller 180. As will be depicted in the following description of the structure and operation of the bump forming apparatus 101, the bump forming apparatus 101 is greatly different from the conventional bump forming apparatus, specifically, in a structure and an operation designed for eliminating electric charge generated to a front and a rear faces of the piezoelectric substrate wafer 201 before forming bumps and the piezoelectric substrate wafer 202 after bumps are formed because of a temperature change between a bump bonding temperature necessary for forming bumps and a room temperature, and in a structure and an operation designed for preventing damage to the piezoelectric substrate wafer 201 before forming bumps and to the piezoelectric substrate wafer 202 after bumps are formed when the piezoelectric substrate wafer 201 is moved to the preheat device 160 and from the preheat device 160 to the bonding stage 110, and when the piezoelectric substrate wafer 202 is moved from the bonding stage 110 to the post-forming bumps heating device 170. Since the bump forming apparatus 101 is an apparatus for forming bumps, a most fundamental part constituting the apparatus is the bonding stage 110 and the bump forming head 120.

[0056] Each of the constituting parts mentioned above will be described below.

[0057] In the bonding stage 110, the piezoelectric substrate wafer 201 before bumps are formed thereto (referred to simply as a "pre-forming bumps wafer") is placed on the bonding stage 110. The bonding stage 110 heats the pre-forming bumps wafer 201 to the bump bonding temperature necessary for forming bumps onto electrodes of circuits formed on the pre-forming bumps wafer 201. The bump bonding temperature necessary for forming bumps is a temperature necessary to join the electrodes and bumps by a design strength, which is set in accordance with the design strength and a material of the wafer and substrate to which bumps are to be formed. The bump bonding temperature in the present embodiment is approximately 210°C.

[0058] A wafer laying stage 111 of the bonding stage 110 to which the pre-forming bumps wafer 201 is loaded has, as indicated in Fig. 11, openings 113 formed to suck the pre-forming bumps wafer 201 and to jet a gas. To the openings 113 are connected a suction device 114 and a blower 115 as an example functioning as a gas supply device which are controlled by the controller 180. The gas is the air in the embodiment. The wafer laying stage 111 of the bonding stage 110 can be moved up and down by the lifting device between a heating position where the wafer laying stage is kept in contact with a heater 112 and a load position where the charge appearance semiconductor substrate is loaded. A contact face of the wafer laying stage 111 to the pre-forming bumps wafer 201 has a metal plating as shown in Fig. 68, specifically, silver plating 261 in the embodiment. Because of the silver plating, a heat conductivity be-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

tween the wafer laying stage 111 and the pre-forming bumps wafer 201 is improved and an effect of removing charge from the pre-forming bumps wafer 201 is enhanced.

[0059] The bump forming head 120 is a device for forming bumps to electrodes of the pre-forming bumps wafer 201 laid to the bonding stage 110 and heated to the bump bonding temperature. The bump forming head includes a wire supply part 121 for supplying a gold wire as a material for the bumps, a bump forming part for melting the gold wire to form balls and pressing the molten balls to the electrodes, an ultrasonic wave generator part for acting an ultrasonic wave to the bump when the molten balls are pressed to the electrodes, and the like. The thus-constituted bump forming head 120 is placed on an X, Y-table 122 having, e.g., a ball screw structure movable in X, Y-directions orthogonal to each other on a plane, and is moved in the X, Y-directions by the X, Y-table 122 so that bumps can be formed to the electrodes of the fixed pre-forming bumps wafer 201.

[0060] The bump forming apparatus 101 is provided with the carry unit 130 by two types. One is a carry-in device 131 for taking out the pre-forming bumps wafer 201 from the first storage container 205. The other is a carry-out device 132 for transferring the piezoelectric substrate wafer after bumps are formed (referred to simply as a "wafer with formed bumps") 202 to the second storage container 206 and stores the substrate in the container. As shown in Fig. 3, the carry-in device 131 has a holding stage 1311 for holding the pre-forming bumps wafer 201 by suction, and a moving device 1312 for carry-in device for moving the holding stage 1311 in parallel to the X direction. A driving part 1313 included in the moving device 1312 is connected to and controlled in operation by the controller 180. The holding stage 1311 is moved along the X direction by driving the driving part 1313, whereby the pre-forming bumps wafer 201 is taken out from the first storage container 205.

[0061] The carry-out device 132 has the same structure as the carry-in device 131 and operates in the same manner, and therefore will be described briefly. As shown in Fig. 56, the carry-out device 132 has a holding stage 1321 for holding the wafer with formed bumps 202 which is executed by suction in the embodiment, a moving device 1322 for carry-out device for moving the holding stage 1321 along the X direction and storing the wafer with formed bumps 202 into the second storage container 206, a holding part 1323 which sucks to a rear face 202b of the wafer with formed bumps 202 thereby holding the wafer with formed bumps 202, and a driving part 1324 arranged below the holding stage 1321 for moving the holding part 1323 in a thickness direction of the wafer with formed bumps 202 held to the holding stage 1321. The moving device 1322 and the driving part 1324 are controlled in operation by the controller 180.

[0062] At a setting point where the carry-in device 131 is disposed is installed an orientation flat registration de-

vice 133 for orientating into a predetermined direction an orientation flat of the pre-forming bumps wafer 201 taken out by the carry-in device 131 from the first storage container 205. As shown in Fig. 4, the orientation flat registration device 133 has catching plates 1331 which are moved in the Y direction by a driving part 1332 to hold the pre-forming bumps wafer 201 therebetween, a holding part 1333 which can move in a thickness direction of the pre-forming bumps wafer 201, can hold the pre-forming bumps wafer 201 and can rotate in a circumferential direction of the pre-forming bumps wafer 201 so as to orientate the orientation flat of the held pre-forming bumps wafer 201, and a driving part 1334 for the holding part 1333. The driving parts 1332 and 1334 are controlled by the controller 180 in operation.

[0063] The transfer device 140 of the bump forming apparatus 101 is comprised of a carry-in side transfer device 141 and a carry-out side transfer device 142. The carry-in side transfer device 141 holds the pre-forming bumps wafer 201 held to the holding stage 1311 of the carry-in device 131, transfers the pre-forming bumps wafer to the preheat device 160 and transfers the pre-forming bumps wafer from the preheat device 160 to the bonding stage 110. The carry-out side transfer device 142 holds the wafer with formed bumps 202 held on the bonding stage 110, transfers the wafer with formed bumps to the post-forming bumps heating device 170 and transfers the wafer with formed bumps from the post-forming bumps heating device 170 to the holding stage 1321 of the carry-out device 132. The carry-in side transfer device 141 includes, as indicated in Fig. 2, a wafer holding part 1411 for holding the pre-forming bumps wafer 201 and eliminating charge from front and rear faces of the pre-forming bumps wafer 201, a driving part 1412 equipped with an air cylinder in the embodiment for driving the wafer holding part 1411 to hold the pre-forming bumps wafer, and a moving device 1413 constituted of a ball screw mechanism in the embodiment for moving the whole of the wafer holding part 1411 and the driving part 1412 in the X direction. The driving part 1412 and the moving device 1413 are connected to the controller 180 and controlled in operation by the controller.

[0064] The carry-out side transfer device 142 includes, similar to the carry-in side transfer device 141, a wafer holding part 1421, a driving part 1422 and a moving device 1423. The driving part 1422 and the moving device 1423 are controlled in operation by the controller 180.

[0065] The wafer holding parts 1411 and 1421 will be described. As shown in Fig. 5, the wafer holding part 1411 has a first holding member 1414 and a second holding member 1415 which can be moved by the driving part 1412 in the X direction, and a member 1416 for charge removal which is arranged between the first and second holding members. These members are arranged in parallel to each other. The first holding member 1414, the second holding member 1415 and the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



member 1416 for charge removal are all formed of iron or the other conductive material. Similar to the wafer holding part 1411, the wafer holding part 1421 has a first holding member 1424, a second holding member 1425, and a member 1426 for charge removal which is held between the first and second holding members. The first holding member 1424, the second holding member 1425 and the member 1426 for charge removal which are arranged in parallel to each other are formed of iron or the other conductive material. Since the wafer holding parts 1411 and 1421 are constructed in the same structure, the wafer holding part 1411 will be described representatively.

[0066] Each of the first holding member 1414 and the second holding member 1415 has two L-shaped holding hooks 1417 for holding the pre-forming bumps wafer 201 as indicated in the drawings. The holding hooks 1417 are formed of the same material as the first holding member 1414 and the second holding member 1415, i. e., iron, or a conductive resin. Preferably a conductive resin film 14171 as a buffering material is attached to a part of the holding hook in direct contact with the pre-forming bumps wafer 201 as shown in Fig. 6. Forming the first holding member 1414, second holding member 1415 and holding hooks 1417 of iron or the conductive material is to enable charge of the rear face 201b of the held pre-forming bumps wafer 201 to be earthed.

[0067] On the other hand, as shown in Fig. 66, a holding hook 14172 corresponding to the above holding hook 1417 can be formed of a heat insulating member, e.g., Vespel, trade name by Du Pont, so that a temperature change at the wafer holding parts 1411 and 1421 can be reduced, thereby avoiding a temperature change in the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 to be described later. The pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 can accordingly be kept from damage such as cracks or the like. In the structure shown in Fig. 66, a conductive material 14173 is attached to a contact part between the pre-forming bumps wafer 201, wafer with formed bumps 202, and the holding hook 14172 to earth charge of the pre-forming bumps wafer 201 and wafer with formed bumps 202 to the first holding member 1414 and the second holding member 1415. Outer faces of the first holding member 1414, second holding member 1415, etc. of the wafer holding parts 1411 and 1421 are coated with an insulating material 14174 as will be described hereinbelow.

[0068] In order to more efficiently remove electric charge from the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 to be described later, an ion generator 190 is preferably provided as will be discussed later. When the ion generator 190 is provided, however, it would be feared that ions generated from the ion generator 190 are earthed to the first holding member 1414, second holding member 1415 and holding hooks 1417 formed of iron or conductive material, and consequently fail to effectively act to the pre-forming

bumps wafer 201 and wafer with formed bumps 202. Therefore, for preventing the ions from being earthed and for letting the ions effectively act to the pre-forming bumps wafer 201 and wafer with formed bumps 202, at least parts where the ions generated from the ion generator 190 are to act, preferably entire outer faces of the first holding member 1414, the second holding member 1415 and the holding hooks 1417 are coated with the insulating material as shown in Fig. 66.

[0069] The member 1416 for charge removal has contact members 14161 for charge removal arranged projecting in the thickness direction of the pre-forming bumps wafer 201 at two points in a diametrical direction of the wafer 201 according to the embodiment. The contact members for charge removal can be in contact with a circumferential part 201c of the front face 201a of the pre-forming bumps wafer 201 held by the wafer holding part 1411. As shown in Fig. 7, the contact member 14161 for charge removal is attached penetrating slidably to the member 1416 and urged by a spring 14162 in an axial direction thereof. A conductive resin 14163 as a buffering material is attached to a wafer contact end part of the contact member 14161.

[0070] The contact member 14161 earths charge charged to the front face 201a when the conductive resin 14163 comes in contact with the front face 201a of the pre-forming bumps wafer 201. In a state before the pre-forming bumps wafer 201 is held by the holding hooks 1417, the contact members 14161 project in the thickness direction of the pre-forming bumps wafer 201 to an equal level to the holding hooks 1417 or to exceed the holding hooks 1417. Owing to this arrangement, the contact members 14161 can contact the front face 201a of the pre-forming bumps wafer 201 before the holding hooks 1417 contact the pre-forming bumps wafer 201 when the wafer holding part 1411 comes to hold the pre-forming bumps wafer 201. Charge of the front face 201a can be removed first in this manner.

[0071] The contact members 14161 may be directly connected to an earth wire. Also, the constitution is not limited to the above wherein the contact members 14161 are attached to the member 1416 for charge removal. For example as shown in Fig. 8, leaf springs 14164 which are formed of a metal or conductive material and can contact to the front face 201a may be attached to the first holding member 1414 and the second holding member 1415 having the holding hooks 1417.

[0072] On the other hand, as shown in Fig. 9, the wafer 201, 202 of a kind is provided with an aluminum film 203 all over the circumferential part 201c of the front face 201a to which the contact members 14161 come in contact, so that the charge of the front face 201a can be efficiently removed. According to this kind of the wafer, charge of the front face 201a can be effectively eliminated through contact of the contact members 14161 to the aluminum film 203. As shown in Fig. 10, the contact members 14161 may be arranged to three or more points of the circumferential part 201c. For removing

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

charge also from a central portion of the wafer, as in Fig. 10, a dummy cell 14165 which will not malfunction even by contact with the contact member 14161 may be formed to the central portion of the wafer, with the contact member 14161 being disposed to a position corresponding to the dummy cell 14165. Charge collected to the dummy cell 14165 can thus be efficiently removed. The above-described contact members 14161 can be increased in number or in contact area to improve a charge removal efficiency.

[0073] Moreover, as shown in Fig. 69, the dummy cell 14165 of a conductor which corresponds to a region for charge removal may be connected to a dicing line 212 provided to divide circuit-formed parts 211 having, e.g., SAW filters from the wafer. The dicing lines 212 extend up to the aluminum film 203. Since generated charge gather to the front face 201a of the wafer, when the contact members 14161 come in contact with the aluminum film 203 in the above constitution, charge on the dummy cell 14165 alike are removed through the dicing lines 212 and the aluminum film 203. The charge on the front face 201a can be effectively eliminated. Needless to say, the charge of the front face 201a may be removed by bringing the contact member 14161 in direct contact with the dummy cell 14165 as described before.

[0074] In either structure of Figs. 10 and 69, a position where the dummy cell 14165 is to be formed on the wafer can be determined to meet the contact member 14161 as above, and is not limited to this. For instance, the dummy cell 14165 can be formed to a position on the wafer which is easy to damage by pyroelectric breakdown or the like. This structure is effective from view points of a charge removal effect and a yield. In this case, the contact member 14161 is arranged to meet the dummy cell 14165 formed to the position subject to the damage.

[0075] Although the dummy cell 14165 is formed in a square shape of a size occupying an almost one circuit-formed part 211 in the structure of Fig. 69, an area of the dummy cell 14165 is not limited to this. Furthermore, the shape of the dummy cell 14165 is not restricted to the above square and can be, e.g., like a frame to surround one circuit-formed part 211 as represented by a dummy cell 14165-1 of Fig. 70.

[0076] A method for removing charge of the front face 201a is not limited to by the contact of the above-described contact members 14161, and for example, the ion generator 190 can be used in place of the contact members 14161 or can be used together with the contact members 14161.

[0077] In the arrangement of Fig. 69, the dummy cell 14165 is formed and connected to the dicing line 212. However, the dummy cell 14165 may be eliminated and simply the dicing line 212 may be provided extending to the aluminum film 203. Although the efficiency and effect of removing charge decreases in comparison with the structure including the dummy cell 14165 as mentioned above, even the structure without the dummy cell

can remove charge from the aluminum film 203 through the dicing line 212, so that charge of the front face 201a can be removed.

[0078] Depending on charge appearance semiconductor substrates to be processed, e.g., compound semiconductor wafers of  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$  or the like, some of the substrates warp as shown in Fig. 12 because of a temperature difference affected thereto which will be discussed later in the description of the operation. An amount of the warpage, namely, a size  $l$  in Fig. 12 is 1-1.5mm in the  $\text{LiTaO}_3$  wafer having a thickness of 0.35mm and a diameter of 76mm, and is 1.5-2mm in the  $\text{LiNbO}_3$  wafer of the same dimensions.

[0079] The contact members 14161 are arranged to meet the circumferential edge portions which deflect large in the charge appearance semiconductor substrate. As shown in Fig. 7, the contact members 14161 attached to the member 1416 in the earlier described structure can move only in the axial direction thereof, and cannot oscillate following the warpage of the charge appearance semiconductor substrate, that is, cannot tilt to be almost orthogonal to the warped face. As a result, when the contact members 14161 come in contact with the warped charge appearance semiconductor substrate, an unnecessary force possibly acts to the warped charge appearance semiconductor substrate from the contact members 14161 which extend and are movable in the thickness direction of the charge appearance semiconductor substrate of a state having no warpage, thereby possibly bringing about a crack, break or the like damage to the warped charge appearance semiconductor substrate. As such, a structure for attaching the contact members 14161 to the member 1416 and parts related to the attaching are preferably designed as shown in Figs. 13-21 and 65 which will be described hereinbelow. The reference numeral of the member "1416" will still be used for the sake of convenience of description although, strictly speaking, the reference number should be changed because the member 1416 is also changed in structure subsequent to the change in the attaching structure and related parts.

[0080] According to a modification of the structure of the contact member for charge removal shown in Fig. 13, a conical hole 14166 is formed to the member 1416, and a contact member 14100 for charge removal which is formed of a conductive rod material of, e.g., a metal having a diameter of approximately 1.5-2mm is inserted to the hole 14166 and urged in an axial direction thereof by the spring 14162. A force of the urging in the embodiment is set to be approximately  $49 \times 10^{-3}$ - $98 \times 10^{-3}$  N per one contact member 14100. A corner portion 14101 at one end of the contact member 14100 to be in contact with the charge appearance semiconductor substrate may be, for example, chamfered or shaped to an arc so as to facilitate oscillation of the contact member 14100 in a direction of an arrow 14110 in accordance with a curvature of the warped charge appearance semiconductor substrate. Alternatively a conductive ball 14105

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

having a diameter of, .g., approximately 5mm and formed of, e.g., a metal as shown in Fig. 14, or a cylinder 14106 as shown in Fig. 21 may be attached to one end of the contact member 14100, or the one end may be shaped to a hemisphere as indicated in Fig. 65. The contact member 14100 swings in the above arrow direction 14110 in a manner so that a plane including a locus of the swinging contact member 14100 becomes parallel to a diametrical direction of the charge appearance semiconductor substrate. When the cylinder 14106 is to be attached, the cylinder 14106 is disposed with an axial direction thereof kept parallel to a direction which is orthogonal to the diametrical direction and the thickness direction of the charge appearance semiconductor substrate. An earth wire 14109 is directly connected to the other end of the contact member 14100 in the structure of the embodiment.

[0081] Since the above structure enables the contact member 14100 to swing about a small diameter part of the conical hole 14166, the contact member 14100 can swing in the arrow direction 14110 in accordance with the curvature of the warped charge appearance semiconductor substrate, thereby preventing the charge appearance semiconductor substrate from the damage.

[0082] Another modification can adopt a structure of Fig. 14, wherein two rollers 14103 arranged via an appropriate interval inside a mounting hole 14102 are attached by pins 14104 rotatably to the member 1416. A contact member 14107 for charge removal is installed to be able to swing in the arrow direction 14110 by the two rollers 14103. The contact member 14107 has a roller 14108 supported rotatably to the other end part thereof as shown in Fig. 16, with the ball 14105 attached to one end of the contact member 14107. The contact member 14107 is urged in the axial direction thereof by the spring 14162 and attached to the member 1416. Since the roller 14108 of the contact member 14107 is supported rotatably from both sides by the two rollers 14103 of the member 1416, the contact member 14107 can swing in the arrow direction 14110, and the charge appearance semiconductor substrate can be prevented from the damage.

[0083] The structure can be still modified as shown in Fig. 17. A structure of Fig. 17 is developed from the structure of Fig. 14, in which four rollers 14111 are arranged in a cross shape rotatably to the member 1416, while a contact member 14113 for charge removal with a ball 14112 fitted to the other end is mounted to the member 1416 so that the ball 14112 is positioned to a center part of the four rollers 14111. The ball 14112 is urged by the spring 14162 to the four rollers 14111. The earth wire can be connected to the ball 14112 in a state as indicated in Fig. 20 or can be connected to the member 1416. By adopting this structure, the contact member 14113 can smoothly rotate not only in the above arrow direction 14110, but in a direction of an arrow 14114 orthogonal to the arrow direction 14110. Damaging the charge appearance semiconductor substrate can be

prevented accordingly.

[0084] Yet further modifications are adoptable as in Figs. 18-20. In these structures, the conical hole 14166 is formed to the member 1416, while a member 14116 for charge removal including a ball 14115 attached to the other end thereof is mounted to the member 1416 with the ball 14115 being supported rotatably to the hole 14166. The ball 14115 is urged by the spring 14162 to a wall face of the hole 14166. In addition, a receiving charge member 14117 having an earth wire 14119 connected to the member 1416 is pressed by a spring 14118 to the ball 14115. Therefore, the charge of the charge appearance semiconductor substrate run through the contact member 14116, the receiving charge member 14117 and the earth wire 14119 to the earth wire 14109 connected to the member 1416. The structure allows the contact member 14116 to rotate in any direction in the mounting state of Fig. 18, thus being able to prevent the damage to the charge appearance semiconductor substrate.

[0085] Using a contact member 14120 for charge removal without the spring 14162 as shown in Fig. 19 may be devised as a modified example of the attaching structure of Fig. 18. In this case, the following effect is obtained in addition to a cost reduction and facilitation of the attaching as compared with the structure of Fig. 18. That is, the contact member can be brought in contact with the charge appearance semiconductor substrate by a minute force of, for instance, approximately  $19.6 \times 10^{-3}$  N because of a weight of the ball 14105. Therefore, even a thin charge appearance semiconductor substrate, e.g., about 0.1mm thick charge appearance semiconductor substrate can be prevented from breaking or the other damage.

[0086] A contact member 14121 for charge removal shown in Fig. 20 is also adoptable, wherein the receiving charge member 14117 and the spring 14118 are eliminated and the earth wire 14109 is directly connected to the ball 14115. In this case, the number of parts is reduced and the structure is simplified in comparison with the structure shown in Fig. 18, and accordingly costs can be reduced.

[0087] A structure of Fig. 65 can be employed as a yet modification. Although the contact member for charge removal is constituted to be swingable in the structures of Figs. 13-20, a contact member 14122 for charge removal of Fig. 65 has a linear guide bearing 14123 mounted to a support part for the contact member 14122 of the member 1416. According to the structure shown in Fig. 65, the contact member 14122 can move more smoothly in the axial direction thereof as compared with a movement in the axial direction of the contact member 14161 in the structure of Fig. 7. Therefore, although the contact member 14122 is not adapted to swing in the structure of Fig. 65, the contact member 14122 smoothly moves in the axial direction thereof when one hemispherical end of the contact member 14122 touches the warped charge appearance semi-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

conductor substrate, thereby being able to prevent a crack or the like damage to the warped charge appearance semiconductor substrate.

[0088] A supporting member 14124 having the linear guide bearing 14123 fitted thereto in the contact member 14122 can be formed of iron, but is preferably formed of an insulating material such as the aforementioned Vespel. For example, the supporting member 14124 formed of Vespel has approximately 1/84 a thermal conductivity of the member formed of iron. When the supporting member 14124 of the insulating material is used, therefore, the contact member 14122 can prevent the charge appearance semiconductor substrate from being cooled suddenly when the contact member 14122 comes into contact with the charge appearance semiconductor substrate, thereby being able to prevent thermal damage to the charge appearance semiconductor substrate.

[0089] As a modification of the above contact member 14122, a contact member 14125 for charge removal with a weight 14126 in place of the spring 14162 as shown in Fig. 67 may be adopted. In the case where the spring 14162 is used, a pressing force of the contact member to the charge appearance semiconductor substrate changes by a compression amount of the spring 14162, i.e., by a move amount in the axial direction of the contact member. However, when the weight 14126 is used, a constant pressing force can be effectively applied to the charge appearance semiconductor substrate irrespective of the move amount of the contact member.

[0090] Each of the contact members shown in Figs. 13, 14, 17, 18 and 20 may also be equipped with the weight 14126 in place of the spring 14162. The contact member 14120 of Fig. 19 can be equipped with the weight 14126 as well.

[0091] The preheat device 160 is a device, as shown in Figs. 22-24, on which the pre-forming bumps wafer 201 caught by the wafer holding part 1411 from the carry-in device 131 is placed, and which heats the pre-forming bumps wafer 201 from a room temperature to the vicinity of approximately 210°C as the bump bonding temperature to form bumps by the bonding stage 110. The preheat device has an aluminum plate 163 of a thickness of 6mm in the embodiment as a heat diffuser member placed on a plate heater frame 162 including a plate heater 161 as a heating part. A wafer load face 163a of the aluminum plate 163 is metal plated as shown in Fig. 68, specifically silver plated 261 in the embodiment. Because of the silver plating, a heat conductivity between the aluminum plate 163 and the pre-forming bumps wafer 201 is improved and a charge removal effect for the pre-forming bumps wafer 201 is enhanced. Operation for raising the temperature by the plate heater 161 is controlled by the controller 180 with reference to temperature information from a temperature sensor 166 such as, e.g., a thermocouple or the like which measures a temperature of the aluminum plate 163. A mate-

rial of the heat diffuser member 163 is not limited to the above aluminum and can be such that has a good heat conductivity and is free from a chemical reaction to the pre-forming bumps wafer 201, for instance, duralumin or the like.

[0092] According to the present embodiment, neither the carry-in side transfer device 141 nor the carry-out side transfer device 142 includes a mechanism for moving the wafer holding part 1411 and the wafer holding part 1421 in the thickness direction of the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 held by the holding parts respectively. Therefore, the preheat device 160 is provided with an elevator mechanism for moving both the plate heater frame 162 with the plate heater 161 and the aluminum plate 163 in the thickness direction between a down position 167 of Fig. 23 and an up position 168 of Fig. 24 to place the pre-forming bumps wafer 201 onto the aluminum plate 163. The elevator mechanism includes an air cylinder 1601 as a driving source for the up-down movement in the thickness direction, a T-shaped supporting member 1602 moved up and down by the air cylinder 1601 and, two supporting rods 1603 erecting to the supporting member 1602 for supporting the plate heater frame 162 and aluminum plate 163. The air cylinder 1601 is driven by a cylinder driving device 1604 controlled by the controller 180. In the embodiment, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are separated through the up-down movement by the air cylinder 1601 as will be described later, thereby promoting cooling the aluminum plate 163. Therefore the cylinder driving device 1604 and the air cylinder 1601 eventually function as a separator.

[0093] The supporting rods 1603 penetrate the plate heater frame 162, with leading end parts of the rods being inserted to the aluminum plate 163 according to the embodiment as indicated in the drawings. The plate heater frame 162 can slide in an axial direction of the supporting rods 1603 in a state while the supporting rods penetrate the plate heater frame. The aluminum plate 163 is fixed to the supporting rods 1603 at the leading end parts of the supporting rods 1603. Moreover, the plate heater frame 162 is pressed by springs 1605 as an example of an urging means to the aluminum plate 163. The plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 move up and down together from the down position 167 as shown in Fig. 23 when the air cylinder 1601 drives. After the plate heater frame 162 comes into contact with stoppers 1606 disposed at a contact position during the upward motion, the upward movement of the plate heater frame 162 is stopped by the stoppers 1606 as shown in Fig. 24, and then only the aluminum plate 163 moves upward. As a result, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 separate from each other. The aluminum plate 163 rises to the up position 168. In the present embodiment, a gap between the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 when the separation is complete is approximately

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



2-4mm. In the downward motion after the separation, the aluminum plate 162 alone moves down from the up position 168 to the contact position where the stoppers 1606 are disposed. Then both the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 move down together to the down position 167 from the contact position.

**[0094]** Although it is necessary to lower the temperature of the aluminum plate 163 to approximately 40°C after preheating before a next fresh pre-forming bumps wafer 201 is placed on, a cooling speed for the aluminum plate 163 can be improved as compared with the conventional art and a cycle time can be shortened because the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are rendered separable in the above-described structure. The separation structure which improves the cooling speed is particularly effective in terms of the cycle time at a trial stage before mass production or in a case where bumps are to be formed to only a few wafers of the same type.

**[0095]** Further the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 can be united after the aluminum plate 163 is its temperature decreased, without need of waiting until the plate heater frame 162 is lowered to the above approximately 40°C. A temperature difference at the plate heater frame 162 becomes smaller than in the conventional art. Since a load to the plate heater 161 is thus reduced, a life of the plate heater 161 can be extended in comparison with the conventional art.

**[0096]** Although the plate heater frame 162 and aluminum plate 163 are made separable in the embodiment as above, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 can be constructed in a simple model to move up and down always in one body without being separated from each other.

**[0097]** The plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are supported by the two supporting rods 1603, and consequently the heat from the plate heater frame 162 is hard to conduct to the supporting member 1602, air cylinder 1601, etc. The heat from the plate heater frame 162 can be conducted almost all to the aluminum plate 163, therefore nearly uniforming a temperature distribution at the aluminum plate 163 and uniformly heating the whole of the pre-forming bumps wafer 201. Moreover, the heat will not act to the supporting member 1602, etc. even when the preheat device drives continuously.

**[0098]** The wafer load face 163a of the aluminum plate 163 has air holes 1608 and grooves 1607 to which holding hooks 1417 of the wafer holding part 1411 enter when the pre-forming bumps wafer 201 is carried to the aluminum plate. The air holes 1608 communicate, as shown in Fig. 25, with a blow suction path 1609 formed in the aluminum plate 163. As will be discussed also in the later description of the operation, the air holes are used to jet the air to separate the pre-forming bumps wafer 201 from the wafer load face 163a to transfer the pre-forming bumps wafer 201, or to remove charge of the rear face of the pre-forming bumps wafer 201. Or

the air holes are air suction holes to suck and hold the pre-forming bumps wafer 201 to the wafer load face 163a although the air suction is fundamentally not carried out in the embodiment. As shown in Fig. 22, the blow suction path 1609 is connected via a coupling pipe 1610 to a blow suction device 1611 controlled by the controller 180. While a gas to be jetted is the air in the embodiment as mentioned above, other gas may be used. The blow suction device 1611 corresponds to an example functioning as the gas supply device for supplying a gas in a warpage correction operation and a charge removal operation to be described later.

**[0099]** A cooling medium path 1612 is formed in the aluminum plate 163 for cooling the aluminum plate 163. A cooling medium is the air of an ordinary temperature in the embodiment, but other gas, water or the like can be used. The cooling medium path 1612 is connected via a coupling pipe 1614 to a cooling air supply device 1613 controlled in operation by the controller 180 as shown in Fig. 22. The air for cooling supplied to the path 1612 runs in the path 1612 following illustrated arrows and is discharged out through a coupling pipe 1615.

**[0100]** As shown in Fig. 25 according to the embodiment, the blow suction path 1609 and the cooling medium path 1612 are obtained by forming holes in the aluminum plate 163 by a drill or the like and fitting stop plugs as indicated by slant lines. However, a known method can be employed to form the paths 1609 and 1612. For example, the paths can be obtained by forming grooves to a rear face of the aluminum plate 163 as shown in Fig. 26. In this case, a seal plate is required between the aluminum plate 163 and the plate heater frame 162 for preventing the cooling medium from leaking.

**[0101]** The post-forming bumps heating device 170 is a device on which the wafer with formed bumps 202 held by the wafer holding part 1421 from the bonding stage 110 is loaded, which gradually lowering the loaded wafer with formed bumps 202 from approximately 210°C of the bump bonding temperature to near the room temperature. The post-forming bumps heating device has a structure similar to the above-discussed preheat device 160 with a plate heater frame and an aluminum plate made separable in the embodiment. Specifically, the post-forming bumps heating device 170 includes, corresponding to each part constituting the above preheat device 160, a plate heater 171, a plate heater frame 172, an aluminum plate 173, a temperature sensor 176, an air cylinder 1701, a supporting member 1702, supporting rods 1703, a cylinder driving device 1704, springs 1705, stoppers 1706, grooves 1707, air holes 1708, a blow suction path 1709, a coupling pipe 1710, a blow suction device 1711, a cooling medium path 1712, a cooling air supply device 1713, and coupling pipes 1714, 1715. Thus Figs. 22-26 show reference numerals of parts of both the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170. The plate heater 171 is controlled by the controller 180 to control a decrease in temperature of the wafer with formed

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

bumps 202. Similar to the aluminum plate 163, the aluminum plate 173 has a wafer load face 173a metal plated as shown in Fig. 68, specifically silver plated 261 in the embodiment. The silver plating improves a heat conductivity between the aluminum plate 173 and wafer with formed bumps 202 and enhances a charge removal effect for the wafer with formed bumps 202.

[0102] Operation in the post-forming bumps heating device is similar to the operation in the foregoing preheat device 160 and can be understood by applying the description of the operation related to the preheating in the preheat device 160. Thus a detailed description will be omitted here.

[0103] The lifting device 150 comprises a first lift 151 for loading the first storage container 205 thereon and a second lift 152 for loading the second storage container 206. The first lift 151 moves the first storage container 205 up and down so that the pre-forming bumps wafer 201 is arranged to a position where the pre-forming bumps wafer 201 can be taken out by the carry-in device 131. The second lift 152 moves the second storage container 206 up and down so that the wafer with formed bumps 202 held by the carry-out device 132 can be stored to a predetermined position in the second storage container 206.

[0104] Operation in the bump forming apparatus 101 of the embodiment constituted as above will be described hereinbelow. Each of the above-depicted parts constituting the apparatus is controlled in operation by the controller 180, whereby a sequence of operations from forming bumps to the pre-forming bumps wafers 201 and storing the wafer with formed bumps 202 to the second storage container 206 is carried out. The controller 180 can control a post-forming bumps heating in a state with the wafer with formed bumps 202 kept in contact with the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170, and can further control a blowing operation for charge removal and a blowing operation for warpage correction to the wafer with formed bumps 202 which can be executed by the post-forming bumps heating device 170. Moreover, the controller is capable of controlling the preheating in a state while the pre-forming bumps wafer 201 is held in contact with the aluminum plate 163 of the preheat device 160 as well as a blowing operation for charge removal and a blowing operation for warpage correction to the pre-forming bumps wafer 201 which can be executed by the preheat device 160.

[0105] The blowing operation for warpage correction to the pre-forming bumps wafer 201 which is carried out by the bonding stage 110 is also controlled by the controller.

[0106] Each of these operations will be discussed in detail below. In the description below, the contact member 14100 for charge removal shown in Fig. 13 which is applicable to any wafers and substrates such as the above-described charge appearance semiconductor substrate accompanied with the warpage, etc. is exemplified as the contact member attached to the wafer holding parts 1411 and 1421. Contact members 14107, 14113, 14116, 14120 or 14121 can be a substitution for the contact member 14100.

plified as the contact member attached to the wafer holding parts 1411 and 1421. Contact members 14107, 14113, 14116, 14120 or 14121 can be a substitution for the contact member 14100.

[0107] According to the bump forming apparatus 101 of the embodiment, bumps are formed to the pre-forming bumps wafer 201, and the wafer with formed bumps 202 is stored in the second storage container 206 by each process of steps 1-10 in Fig. 27 (the step is denoted by "S" in the drawing) More specifically, in step 1, the first storage container 205 is moved up and down by the first lift 151 so that the pre-forming bumps wafer 201 is disposed to a position where the wafer can be taken out by the carry-in device 131 from the first storage container 205, and then the pre-forming bumps wafer 201 is taken out by the carry-in device 131 from the first storage container 205. The pre-forming bumps wafer 201 held by the carry-in device 131 is orientated by the orientation flat registration device 133.

[0108] After the orientation flat registration, in step 2, the pre-forming bumps wafer 201 held on the holding stage 1311 of the carry-in device 131 is caught by the carry-in side transfer device 141. This operation will be detailed with reference to Figs. 28-31.

[0109] As shown in Fig. 28, after the above orientation registration, the holding part 1333 of the orientation flat registration device 133 moves up to suck and hold the pre-forming bumps wafer 201 from the holding stage 1311, and moves up further. In the meantime, the wafer holding part 1411 is disposed to above the pre-forming bumps wafer 201 and, the first holding member 1414 and the second holding member 1415 are moved by the driving part 1412 in a direction to open in the X direction. Next, in Fig. 29, the holding part 1333 moves up, whereby a leading end of the contact member 14100 for charge removal of the wafer holding part 1411 first comes in contact with the front face 201a of the pre-forming bumps wafer 201. Consequently, charge of the front face 201a even if it has been charged immediately before the contact by the contact member 14100 is eliminated through this contact by the contact member 14100.

[0110] Although the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 used in the embodiment have a characteristic that they are hard to charge but they are hard to eliminate electric charge when they are once charged, as mentioned before. Therefore, the front face 201a cannot be perfectly eliminated from electric charge even by the contact by the contact member 14100. The front face 201a has an initial charge of approximately +10 to +25V. The symbol + stands for positively charged.

[0111] Referring to Fig. 30, the first holding member 1414 and the second holding member 1415 are moved by the driving part 1412 in a direction to close in the X direction.

[0112] As shown in Fig. 31, the holding stage 1311 moves down, whereby the pre-forming bumps wafer

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

201 is held by the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1411. At this time, the pre-forming bumps wafer 201 is pressed to the holding hooks 1417 by the urging force of the spring 14162 fitted to the contact member part 14100. The pressing force is of a level whereat problems such as a drop of the pre-forming bumps wafer 201 from the wafer holding part 1411 during the transfer, etc. are avoided. The pressing force never deforms the pre-forming bumps wafer 201.

[0113] When the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 and the holding hooks 1417 come in contact with each other, part of charge at the rear face 201b is earthed. However, it is difficult to remove charge inside the grooves 14 formed to the rear face 201b in the structure of this bump forming apparatus 101. Similar to the front face 201a, an initial charge of approximately -20 to -30V is present at the rear face 201b as well. The symbol - stands for negatively charged. Electric charge can be more efficiently removed if the ion generator is employed as will be discussed in a modified example to be described later.

[0114] As shown in Fig. 2, in step 3, the wafer holding part 1411 while holding the pre-forming bumps wafer 201 is transferred and disposed to above the preheat device 601 by the moving device 1413.

[0115] According to the embodiment as indicated in Fig. 22, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 of the preheat device 160 are constructed to be separable from each other. Therefore, when the aluminum plate 163 has a temperature not lower than the ordinary temperature, steps 510-515 of Fig. 32 are carried out before the pre-forming bumps wafer 201 is transferred to above the preheat device 160, thereby cooling the aluminum plate 163. These steps 510-515 will be depicted later with reference to Fig. 40.

[0116] The aluminum plate 163 moves down to the down position 167 at a time point when the aluminum plate 163 is cooled to a predetermined temperature, i.e., approximately 40°C in the embodiment. In step 303, the wafer holding part 1411 in a state while holding the pre-forming bumps wafer 201 is transferred and arranged to above the preheat device 160 by the moving device 1413 as indicated in Fig. 33.

[0117] In step 304, again the aluminum plate 163 is raised to the up position 168. At this time, the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1411 enter the grooves 1607 formed to the aluminum plate 163 as shown in Fig. 34. The pre-forming bumps wafer 201 held by the wafer holding part 1411 is placed on the aluminum plate 163. Since no elevator mechanism is installed to the carry-in side transfer device 141 and carry-out side transfer device 142 in the embodiment as described before, it is necessary to move up and down the aluminum plate 163 so as to carry the pre-forming bumps wafer 201 to the preheat device 160 and load the pre-forming bumps wafer to the aluminum plate 163.

[0118] In step 305, the first holding member 1414 and second holding member 1415 of the carry-in side trans-

fer device 141 are opened as shown in Fig. 35. In the next step 306, the aluminum plate 163 is lowered to the down position 167 as in Fig. 36. The step moves to step 4, then the preheating is started.

5 [0119] In a modified example of the preheat device 160 in which the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are made inseparable and moved up and down together at all times, the pre-forming bumps wafer 201 is carried to the preheat device 160 by operations of steps 311-316 of Fig. 37. The operations will now be described here. The inseparable plate heater frame 162 and aluminum plate 163 are generally named a preheat stage in the description below.

10 [0120] In step 311, the pre-forming bumps wafer 201 held by the wafer holding part 1411 is carried to above the preheat stage. For stabilizing a temperature of the pre-forming bumps wafer 201, in step 312, the pre-forming bumps wafer 201 is maintained above the preheat stage, e.g., for 30 seconds to two minutes in a state in which the wafer is carried in. The preheat stage is raised to the up position 168 in step 313. The first holding member 1414 and second holding member 1415 of the carry-in side transfer device 141 are opened in step 314. In next step 315 is executed an operation specific to the modified example of the structure in which the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are inseparable. When the pre-forming bumps wafer 201 is moved by the carry-in side transfer device 141 from the preheat stage onto the bonding stage 110 after the preheating to be described later is completed, the pre-forming bumps wafer 201 may be partially cooled if there is a large temperature difference present between the holding hooks 1417 and the preheated pre-forming bumps wafer 201, which may lead to troubles. Therefore, it is determined in step 315 whether to heat the holding hooks 1417. When the holding hooks 1417 are to be heated, the preheating is started with the preheat stage raised to the up position 168. Because of this operation, the holding hooks 1417 already are entered to the grooves 1607 and can be heated as well by the heating of the preheat stage, and the troubles can be prevented. On the other hand, when the holding hooks are not to be heated, the preheat stage is lowered to the down position 167 in step 316 and the preheating is started.

15 [0121] In step 4, the pre-forming bumps wafer 201 is preheated from the room temperature to nearly 210°C by the preheat device 160. Although electric charge is generated to the pre-forming bumps wafer 201 by a temperature change of the pre-forming bumps wafer 201 consequent to the preheating, since the pre-forming bumps wafer 201 is placed on the aluminum plate 163, the charge of the rear face 201b where charge is easy to accumulate is grounded via the aluminum plate 163 and hence can be efficiently removed. A temperature rise rate for preheating the pre-forming bumps wafer 201 can be adopted within a range of temperature rise rate which is not to break the pre-forming bumps wafer

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

201 by a sudden temperature change, namely, within approximately 50°C/min. Within this range, as shown in Fig. 38, for instance, a moderate temperature rise rate of approximately 5-10°C/min or a sudden temperature rise rate of approximately 20-40°C/min or the like, various temperature rise rates can be adopted even for the charge appearance semiconductor substrates which generate charge by the temperature change. The cycle time of the same level as the conventional art can be maintained even when the preheating is performed.

[0122] In the constitution in which the plate heater frame 162 and aluminum plate 163 are moved up and down integrally at all times without being separated, a temperature rise can be controlled as in Fig. 39. That is, the operation in step 312 is carried out from a time t1 to a time t2, whereby a temperature of the pre-forming bumps wafer 201 is raised from about 40°C to about 60-120°C. Thereafter, the temperature rise to about 210°C is controlled by the moderate or sudden temperature rise rate as above.

[0123] When the pre-forming bumps wafer 201 is raised to about 210°C, the step moves to a next step 5. In step 5, as indicated in Fig. 40, the pre-forming bumps wafer 201 is carried from the preheat device 160 to the bonding stage 110. An amount of charge of the pre-forming bumps wafer 201 is smaller at around 210°C in comparison with, e.g., at 100°C or so, and therefore there is little probability that sparking is brought about to the pre-forming bumps wafer 201 when the pre-forming bumps wafer is moved from the preheat device 160 to the bonding stage 110. Fig. 40 shows the operation in the case of the structure in which the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 of the preheat device 160 are made separable.

[0124] In step 501 of Fig. 40, the first holding member 1414 and the second holding member 1415 are moved in the direction to open by driving the driving part 1412 of the carry-in side transfer device 141. In step 502, the aluminum plate 163 of the preheat device 160 is moved from the down position 167 to the up position 168. Each holding hook 1417 of the first holding member 1414 and the second holding member 1415 at this time enters the groove 1607 of the aluminum plate 163. The first holding member 1414 and second holding member 1415 are closed in step 503. The blow suction device 1611 is worked in step 504, whereby the air is jetted from the air holes 1608 of the aluminum plate 163 to separate the aluminum plate 163 and the pre-forming bumps wafer 201 from each other. The jetted air is set to a temperature of a level so that a decrease in temperature of the preheated pre-forming bumps wafer 201 can be prevented as much as possible, for example, set to approximately 160°C. During the blowing, the aluminum plate 163 is moved down in step 505 and the pre-forming bumps wafer 201 is held to the wafer holding part 1411 having the first holding member 1414 and the second holding member 1415. The operation of the blow suction device 1611 is stopped to stop the blowing in step 506.

The wafer holding part 1411 holding the temperature-raised pre-forming bumps wafer 201 is moved to above the bonding stage 201 in step 507. The step shifts to an operation of loading the pre-forming bumps wafer to the bonding stage 110 to be described later.

[0125] Meanwhile, the aluminum plate 163 of the preheat device 160 heated to approximately 210°C should be lowered again to nearly the room temperature before the next pre-forming bumps wafer 201 of the room temperature is loaded thereto. In step 510 of Fig. 40, the cooling air supply device 1613 is worked to supply the air for cooling to the cooling medium path 1612 in the aluminum plate 163. Further in steps 511 and 512, the air cylinder 1601 of the preheat device 160 is operated to raise the aluminum plate 163 from the down position 167 to the up position 168, thereby separating the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163. The temperature of the aluminum plate 163 is then cooled to about 30°C. Although a cooling temperature of the aluminum plate 163 is set to be about 30°C as above, the temperature is not limited to this. That is, the cooling temperature of the aluminum plate 163 can be set so that the amount of charge of the pre-forming bumps wafer 201 does not exceed an allowable value and the pre-forming bumps wafer is prevented from being warped by the temperature difference between the pre-forming bumps wafer 201 of the ordinary temperature and the aluminum plate 163. The aluminum plate 163 can be efficiently cooled by separating the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 as above. After the aluminum plate 163 is cooled to about 30°C, in step 513, the operation of the cooling air supply device 1613 is stopped to terminate the supply of the air for cooling. The aluminum plate 163 is moved down in step 514. The wafer holding part 1411 of the carry-in side transfer device 141 is returned to above the carry unit 130 in step 515.

[0126] On the other hand, when the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are adapted to move up and down in one unit at all times without being separated from each other, operations of Fig. 41 are carried out. Similar operations in Fig. 41 to those described with reference to Fig. 40 are designated by the same reference numerals as in Fig. 40 and the description thereof will be omitted. Steps 521 and 522 in Fig. 41 correspond respectively to steps 502 and 505 in Fig. 40, in which the preheat stage comprised of the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 in one body is moved up and down.

[0127] Hereinafter will be described the operation of transferring and loading the pre-forming bumps wafer 201 from the preheat device 160 to the bonding stage 110.

[0128] As described above, the pre-forming bumps wafer 201 is raised to approximately 210°C by the preheating, and this temperature slightly decreases in a time after preheating before the pre-forming bumps wafer is loaded on the bonding stage 110. If the pre-forming

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



bumps wafer 201 thus slightly reduced in temperature is loaded onto the bonding stage 110 heated to approximately 210°C, in some cases, the temperature difference between the pre-forming bumps wafer 201 and the bonding stage 110 causes the pre-forming bumps wafer 201 to warp as shown in Fig. 12 depending on a material of the pre-forming bumps wafer 201. The pre-forming bumps wafer 201 accompanied with the warpage is, e.g., LiTaO<sub>3</sub> wafer, LiNbO<sub>3</sub> wafer or the like. As such, the embodiment executes an operation of correcting the warpage of the pre-forming bumps wafer 201 on the bonding stage 101. In a case of the LiNbO<sub>3</sub> wafer, a hot air is blown to the wafer to correct the warpage after the wafer is placed on the bonding stage 110. In a case of the LiTaO<sub>3</sub> wafer, the blowing of the hot air after the wafer is placed on the bonding stage is not carried out because it takes a longer time to correct the warpage than in the case of the LiNbO<sub>3</sub> wafer. Such difference is considered to result from a lower heat conductivity of the LiTaO<sub>3</sub> wafer than that of the LiNbO<sub>3</sub> wafer. Therefore blowing the hot air is effective in reverse to the LiTaO<sub>3</sub> wafer and the temperature of the LiTaO<sub>3</sub> wafer can be rather readily uniformed simply by heating the wafer after placing the wafer on the bonding stage. The warpage correction by blowing the hot air will be discussed with reference to Fig. 42 and that without blowing the hot air will be described with reference to Fig. 43.

[0129] In step 507 in Fig. 42, the pre-forming bumps wafer 201 held by the wafer holding part 1411 of the carry-in side transfer device 141 is carried to above the bonding stage 110 as shown in Fig. 45. In next step 531, the bonding stage 110 is rotated in order to adjust a carry-in angle of the pre-forming bumps wafer 201 to the bonding stage 110. In step 532, the wafer laying stage 111 is raised in the thickness direction of the pre-forming bumps wafer 201 as shown in Fig. 46 and comes into contact with the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201, thereby further pressing up the pre-forming bumps wafer 201. When the wafer laying stage 111 is raised, each holding hook 1417 of the wafer holding part 1411 enters the groove 116 formed to the wafer laying stage 111.

[0130] When the pre-forming bumps wafer is pressed upward, the contact member 14100 for charge removal which is in contact with the front face 201a of the pre-forming bumps wafer 201 is pressed up while maintaining the state in contact with the front face 201a against the urging force of the spring 14162. Generation of sparks at the front face 201a is prevented because the pre-forming bumps wafer 201 has its amount of charge decreased in the vicinity of 210°C and moreover the contact member 14100 for charge removal is held in contact with the front face 201a as above.

[0131] In step 533, as shown in Fig. 47, the first holding member 1414 and second holding member 1415 are moved in the direction to open by the operation of the driving part 1412 of the carry-in side transfer device 141. The holding of the pre-forming bumps wafer 201 by the

wafer holding part 1411 is released.

[0132] In the above state, the blower 115 is worked in step 534 to blow out the hot air for warpage correction of approximately 160°C from the air holes 113 opened in the wafer laying stage 111. Although the pre-forming bumps wafer 201 floats by approximately 0.5mm up from the wafer laying stage 111 by the blowing, the holding hooks 1417 of the first holding member 1414 and the second holding member 1415 present in the periphery of the pre-forming bumps wafer 201 prevent the floating pre-forming bumps wafer 201 from dropping from on the wafer laying stage 111. The hot air for warpage correction is blown for about 2-4 minutes in which the warpage of the LiNbO<sub>3</sub> wafer can be corrected. However, the blowing time and the temperature of the hot air are not limited to these values and set depending on the material of the charge appearance semiconductor substrate to be corrected.

[0133] After the blowing time is passed, the operation of the blower 115 is stopped in step 535 to turn off the blowing. In step 536, the suction device 114 is worked to start sucking the pre-forming bumps wafer 201 through the air holes 113 onto the wafer laying stage 111. The operation for sucking the pre-forming bumps wafer is detected in step 537, and the wafer laying stage 111 moves down to the original position with holding the pre-forming bumps wafer 201 as shown in Fig. 48 in step 538.

[0134] The warpage correction is completed in the above procedures. The wafer holding part 1411 of the carry-in side transfer device 141 is then moved to above the carry unit 130.

[0135] The warpage correction without blowing the hot air will now be described. Each operation in steps 507, 531, 532, 536 and 537 among operations in Fig. 43 is identical to the operation described hereinabove with reference to Fig. 42 and will be omitted from the following description. The wafer laying stage 111 is moved up in step 532 and the pre-forming bumps wafer 201 is loaded on the wafer laying stage 111 in step 541. The pre-forming bumps wafer 201 is not sucked by the wafer laying stage 111 at this time because if the pre-forming bumps wafer 201 were sucked to the wafer laying stage with the pre-forming bumps wafer 201 warped, the pre-forming bumps wafer 201 would be limited in deformation, probably resulting in a crack or the like damage. The wafer laying stage 111 is moved down to the original position in step 542.

[0136] As a result of the movement down to the original position, the wafer laying stage 111 is heated again by the heater 112 to approximately 210°C. In step 543, according to the present embodiment, a state with the pre-forming bumps wafer 201 being loaded on the wafer laying stage 111 and without blowing the hot air for warpage correction is kept in approximately 2 minutes in which the warpage correction to the LiTaO<sub>3</sub> wafer can be accomplished. During this time, the LiTaO<sub>3</sub> wafer is heated by the wafer laying stage 111 and the warpage

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

is corrected. The time while the pre-forming bumps wafer is left as above and the temperature for warpage correction are set depending on the material of the charge appearance semiconductor substrate to be corrected and not limited to the above values.

[0137] The warpage of the pre-forming bumps wafer 201 can be corrected by the warpage correction either with blowing the hot air or without blowing the hot air, so that cracks or the like damage to the pre-forming bumps wafer 201 is prevented.

[0138] After the above-discussed warpage correction operation, bumps are formed by the bump forming head 120 to electrode parts of the circuits on the pre-forming bumps wafer 201. The pre-forming bumps wafer 201 is maintained at the bump bonding temperature during the bump formation with being hardly subjected to a temperature change, and therefore charge is rarely generated to the pre-forming bumps wafer 201.

[0139] In step 6, after the bumps are formed, the pre-forming bumps wafer 202 is caught by the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142, the wafer holding part 1421 is moved in the X direction by working the moving device 1423 of the carry-out side transfer device 142, the wafer with formed bumps 202 is disposed to above the post-forming bumps heating device 170 as shown in Fig. 2, then the wafer with formed bumps is placed to the post-forming bumps heating device 170. These operations will be detailed hereinbelow with reference to Figs. 50 and 51.

[0140] In step 601 of Fig. 50, the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170 is heated to approximately 210°C. In step 602, the wafer with formed bumps 202 held by the wafer holding part 1421 is carried to above the post-forming bumps heating device 170. In step 603, the heated aluminum plate 173 is raised from the down position 167 to the up position 168. The wafer with formed bumps 202 comes into contact with the aluminum plate 173 and loaded on the aluminum plate 173. The holding hooks 1417 of the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 enter the grooves 1707 formed in the aluminum plate 173. In step 604, the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 are opened. The holding of the wafer with formed bumps 202 is relieved. Post-forming bumps heating operation in step 7 is slightly different between when the post-forming bumps heating device 170 has the separable plate heater frame 172 and aluminum plate 173 as in the present embodiment and when the post-forming bumps heating device 170 is constructed in the one body type as in the foregoing modified example.

[0141] In the case of the one body type, the following steps 641-647 can be executed between the steps 601 and 602.

[0142] Specifically, in step 641 of Fig. 51, it is deter-

mined whether or not it is necessary to particularly heat the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142. That is, when the wafer with formed bumps 202 heated to approximately 210°C by the bonding stage 110 is held and transferred by the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 to the post-forming bumps heating device 170, if such temperature difference that damages the wafer with formed bumps 202, e.g., approximately 40°C is present between the wafer holding part 1421, particularly the holding hooks 1417 and the wafer with formed bumps 202, there is a risk of damage to the wafer with formed bumps 202 when the wafer is held. It depends on the material or the like of the handled charge appearance semiconductor substrate whether or not the temperature difference or damage is brought about. Because of this reason, whether to heat the wafer holding part 1421 is determined in step 641. When the heating is to be conducted, the step moves to step 642. When the heating is not necessary, the step moves to step 646.

[0143] When the heating is to be carried out, in step 642, the moving device 1423 of the carry-out side transfer device 142 is operated to move the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 to above the post-forming bumps heating device 170. In step 643, a post-forming bumps heating stage constituted integrally of the plate heater frame 172 and aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170 is moved up from the down position 167 to the up position 168. Each of the holding hooks 1417 of the first holding member 1424 and the second holding member 1425 at the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 enters the groove 1707 formed in the aluminum plate 173. In step 644, the post-forming bumps heating stage is raised to about 210°C. Then the holding hooks 1417 present in the grooves 1707 and also the wafer holding part 1421 are heated in step 645. After the heating, the post-forming bumps heating stage is lowered to the down position 167 in step 646.

[0144] In step 647, the heated wafer holding part 1421 is moved to above the bonding stage 110. The wafer laying stage 111 of the bonding stage 110 is moved up and, the wafer with formed bumps 202 on the wafer laying stage 111 is held to the wafer holding part 1421 in step 648. The step moves to step 602 and then to step 607 through steps 603 and 604.

[0145] In step 7, while a decrease in temperature of the wafer 202 is controlled by heating the wafer with formed bumps 202 by the post-forming bumps heating device 170, the wafer with formed bumps 202 is heated for post-forming bumps to a temperature exceeding the room temperature by approximately 10°C from the bump bonding temperature, i.e., approximately 210°C.

[0146] The wafer with formed bumps 202 which is the charge appearance semiconductor substrate is charged due to the temperature change in the decreasing temperature. However, since the wafer with formed bumps

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

202 is loaded in direct contact with the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170 as described above, electric charge of the rear face particularly easy to charge can be efficiently grounded via the aluminum plate 173. Similar to the preheating operation discussed earlier, various kinds of decrease in temperature control as indicated in Fig. 52 are accordingly made possible although the charge appearance semiconductor substrate is handled. That is, the decrease in temperature can be controlled not only by controlling the temperature of the plate heater 171, but also by a variety of controls in operation, specifically, by separating the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173, by not separating the plate heater frame and the aluminum plate, by supplying the air for cooling, and by not supplying the air for cooling, in a case of the structure as in the embodiment where the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 are rendered separable.

[0147] A decrease in temperature curve designated by a reference numeral 1101 in Fig. 52 is obtained when the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 are separated and also the air for cooling is supplied to the aluminum plate 173. A decrease in temperature curve of a reference numeral 1102 is obtained when only the air for cooling is supplied without separating the plate heater frame and the aluminum plate. A decrease in temperature curve of a reference numeral 1103 is presented when the plate heater frame and the aluminum plate are separated without the air for cooling supplied, while a decrease in temperature curve of a reference numeral 1104 is a curve when the separation and the supply of the air for cooling are not carried out. The decrease in temperature control in each above case will be depicted below.

[0148] Fig. 53 shows an operation that the decrease in temperature of the aluminum plate 173, i.e., wafer with formed bumps 202 placed on the aluminum plate 173 is controlled while the plate heater frame 172 and aluminum plate 173 are separated. In step 611 of Fig. 53, the temperature of the plate heater 171 is lowered by the temperature control or naturally cooled to approximately 100°C from approximately 210°C. At the same time, the aluminum plate 173 is moved to the up position 168 to be separated from the plate heater frame 172. It is determined in step 612 whether or not the temperature of the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170 has reached approximately 150°C through the decrease in temperature in the embodiment. The temperature 150°C is a temperature where a decrease in temperature rate changes. That is, a decrease in temperature rate at lower than 150°C becomes lower than a decrease in temperature rate from approximately 210°C to approximately 150°C when the cooling is started from approximately 210°C. The value 150°C is obtained from experiments by the applicant. The temperature value is set on a basis of the material of the charge appearance semiconductor substrate, the bonding temperature and the like, and not restricted to

the above 150°C. The cooling air supply device 1713 is worked in step 613 to supply the air for cooling to the aluminum plate 173 after the aluminum plate 173 becomes approximately 150°C. It is determined in step 614 whether or not the temperature of the aluminum plate 173 is decreased to approximately 40°C. The operation of the cooling air supply device 1713 is stopped when the aluminum plate is decreased to approximately 40°C, thereby shutting the supply of the air for cooling to the aluminum plate 173. The temperature 40°C is a value to be set on the basis of the material of the charge appearance semiconductor substrate and not limited to this value.

[0149] The above steps 611-615 realize the decrease in temperature control indicated by the reference numeral 1101 in Fig. 52. In this case, the aluminum plate 173 can be cooled from approximately 210°C to approximately 40°C in about 10 minutes.

[0150] Without the steps 613-615 executed, a decrease in temperature control designated by a reference numeral 1103 in Fig. 52 is executed. The aluminum plate 173 is decreased in temperature from approximately 210°C to approximately 40°C in about 25-30 minutes.

[0151] According to the operation in Fig. 54, the decrease in temperature of the aluminum plate 173, namely, wafer with formed bumps 202 loaded on the aluminum plate 173 is controlled without separating the plate heater frame 172 from the aluminum plate 173. A difference between the decrease in temperature control in Fig. 53 and that in Fig. 54 is only whether or not the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 are separated, and therefore a detailed description will be omitted. Operations in steps 621-625 in Fig. 54 correspond to operations in steps 611-615 of Fig. 53 respectively.

[0152] Through the operations in steps 621-625, the decrease in temperature control indicated by the reference numeral 1102 in Fig. 52 is achieved. In this case, the aluminum plate 173 can be lowered from approximately 210°C to approximately 40°C in about 20 minutes.

[0153] The decrease in temperature control of the reference numeral 1104 in Fig. 52 is executed in the absence of steps 623-625. The aluminum plate 173 is lowered from approximately 210°C to approximately 40°C in 50 minutes.

[0154] The step moves to step 8 after the above-discussed post-forming bumps heating, and then following operation is carried out. The wafer with formed bumps 202 is held by the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 and moved to above the carry-out device 132 in the X direction by driving the moving device 1423. Fig. 56 indicates a state after the wafer with formed bumps is moved. An operation of carrying out the wafer with formed bumps 202 to the carry-out device 132 from the post-forming bumps heating device 170 will be described below with reference to Fig. 55. The carry-out operation is also made slightly different depending on whether or not the plate heater frame

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

172 and the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 170 are separated. Steps 801 and 802 in Fig. 55 are carried out when the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 are separated, whereas steps 803-806 are carried out in the absence of the separation. Steps 807-810 are common to both cases.

[0155] In the presence of the separation, the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 are already separated for the cooling operation in the post-forming bumps heating as described before and the aluminum plate 173 is positioned to the up position 168. Therefore, in step 801, the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 are closed, thereby holding the cooled wafer with formed bumps 202 on the aluminum plate 173. In step 802, the blow suction device 1711 is worked to jet the air for blowing from the air holes 1707 of the aluminum plate 173, thus making the wafer with formed bumps 202 float from the aluminum plate 173. Then the step moves to step 807 to be described later.

[0156] On the other hand, when the separation is not carried out, the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 arranged above the post-forming bumps heating device 170 are opened in step 803. In next step 804, the post-forming bumps heating stage of the plate heater frame 172 and the aluminum plate 173 constituted in one body is moved to the up position 168. The first holding member 1424 and the second holding member 1425 are closed in step 805 thereby holding the cooled wafer with formed bumps 202. In step 806, the blow suction device 1711 is activated to jet out the air for blowing from the air holes 1708 of the aluminum plate 173, whereby the wafer with formed bumps 202 floats up from the aluminum plate 173.

[0157] In step 807, only the aluminum plate 173 is lowered to the down position 167 when the separation is executed, or the post-forming bumps heating stage is lowered to the down position 167 in the absence of the separation. As a result, the wafer with formed bumps 202 held by the wafer holding part 1421 is positioned above the post-forming bumps heating device 170. In step 808, the operation of the blow suction device 1711 is stopped to stop jetting out the air for blowing. In step 809, the wafer with formed bumps is moved to above the carry-out device 132 in the X direction by driving the moving device 1423 of the carry-out side transfer device 142.

[0158] In step 810, the post-forming bumps heating device 170 raises the temperature of the aluminum plate 173 again from approximately 40°C to approximately 210°C when a next wafer with formed bumps 202 is to be accepted.

[0159] After the wafer with formed bumps is moved as above, the driving part 1324 of the carry-out device

132 works, the holding part 1323 comes in contact with the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202 as shown in Fig. 57, and moreover moves up so that the wafer with formed bumps 202 is disposed by approximately 1mm up from the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1421. When the holding part 1323 contacts the rear face 202b, the charge of the rear face 202b is grounded through the holding part 1323 and the amount of charge of the rear face 202b is reduced. The contact member 14100 for charge removal maintains a state in contact with the front face 202a of the wafer with formed bumps 202 also when the above upward movement is performed. Therefore similar to when the wafers 201 and 202 are transported at the carry-in device 131 and bonding stage 110, even when charge on the front face 202a is changed in consequence of changing of an amount of charge on the rear face 202b because of the holding part 1323 coming in contact with the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, an amount of charge resulting from the change can be eliminated.

[0160] After the upward movement, the holding part 1323 holds the wafer with formed bumps 202 by suction.

[0161] The first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 are opened by the driving part 1422 as shown in Fig. 58 after the holding part 1323 holds the wafer with formed bumps 202, thereby freeing the holding of the wafer with formed bumps 202.

[0162] After relieving the holding, the holding part 1323 descends to place the wafer with formed bumps 202 onto the holding stage 1321 as shown in Figs. 59 and 60. The holding stage 1321 having the wafer with formed bumps loaded holds the wafer with formed bumps 202 by suction in the embodiment.

[0163] In step 9, the holding stage 1321 with the wafer with formed bumps 202 is moved in the X direction by the operation of the carry-out side transfer device 1322 to transfer the wafer with formed bumps 202 towards the second storage container 206.

[0164] In step 10, the holding stage 1321 stores the wafer with formed bumps 202 to the second storage container 206.

[0165] As described hereinabove, according to the bump forming apparatus 101 in the embodiment, the charge appearance semiconductor substrate, e.g., piezoelectric substrate wafer or the like which generates electric charge subsequent to the temperature change is directly brought in contact with on the aluminum plates 163 and 173 constituting the preheat device 160 and post-forming bumps heating device 170 when the temperature change is brought about to the wafer in the preheating and post-forming bumps heating. Therefore the wafer is grounded in this manner. Thus, electric charge resulting from the temperature change can be reduced to a degree where no damage is added to the circuit formed on the wafer and no crack or the like is occurred to the wafer itself due to, e.g., a decrease in uniting force to the stage, for example, without forming an aluminum

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



film along the dicing lines of the wafer or without forming an aluminum film to the entire rear face of the wafer.

[0166] Particularly, in the case where the wafer has a thickness of 0.2mm or smaller or when a distance between lines of the circuit formed on the wafer is smaller than 1 $\mu$ m and specially a difference in width of adjacent lines is large, a large charge removal effect can be obtained by controlling the temperature rise and the decrease in temperature in the above preheating and post-forming bumps heating.

[0167] The temperature rise rate in the preheating and the decrease in temperature rate in the post-forming bumps heating can be set for every type of wafers to which bumps are to be formed, i.e., for every material, for every size or the like of the wafers. The rates may be stored in the memory 181 of the controller 180, so that the control can be changed in accordance with the type of wafers to be processed.

[0168] According to the embodiment as described hereinabove, the temperature control is executed both for the temperature rise of the pre-forming bumps wafer 201 and for the decrease in temperature of the wafer with formed bumps 202. However, it is enough to execute at least the decrease in temperature control when the bump bonding temperature is lowered to the room temperature. There is a reason for this as follows. That is, the wafers 201 and 202 has the characteristic that they are hard to eliminate charge once charged. Further the wafer 202 is stored in the second storage container 206 after lowered from the bump bonding temperature to the room temperature. Therefore if the wafer 202 kept charged when stored in the second storage container, there would be a possibility that problems are caused. Accordingly electric charge of the wafer 202 should be sufficiently eliminated.

[0169] Since the amount of charge of the wafer with formed bumps 202 should be reduced before the wafer is stored in the second storage container 206, as indicated in Fig. 61, the ion generator 190 is preferably disposed to at least the side of the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, more preferably to both sides of the front and rear faces of the wafer with formed bumps during a time while the wafer with formed bumps 202 is delivered from the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 to the carry-out device 132. Since the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202 is negatively charged and the front face 202a is positively charged at the time of the delivery, and for neutralizing the charge, an ion generator 190-1 disposed at the side of the rear face 202b generates positive ions and an ion generator 190-2 disposed at the side of the front face 202a generates negative ions. Each of the ion generators 190-1 and 190-2 is connected to and controlled by the controller 180. In a state shown in Fig. 61, the ion generators 190-1 and 190-2 act ions to the wafer with formed bumps 202 when the wafer holding part 1421 holding the wafer with formed bumps 202 is disposed above the carry-out device 132.

More specifically, the generators act ions to the wafer with formed bumps 202 during the above delivery, i.e., during each operation from Fig. 57 to Fig. 60.

[0170] In comparison with a case without the ion generator, the presence of the ion generator 190 can further decrease the amount of charge as will be described below although values of the amount of charge below are examples. In the absence of the above temperature rise control and the decrease in temperature control of the embodiment, the amount of charge of the front face 202a of the wafer with formed bumps 202 is approximately +18V and the amount of charge of the rear face 202b is approximately -1000V as mentioned before when the wafer holding part 1421 is arranged above the carry-out device 132. The amount of charge of the front face 202a can be turned to approximately +22V and the amount of charge of the rear face 202b can be changed to approximately +22V by acting the ions by the ion generator 190 to both the front and the rear faces of the wafer with formed bumps 202 for four minutes. The charge of the rear face 202b can thus be reduced more by acting ions to at least the rear face 202b by the ion generator 190 in addition to the temperature rise control or the decrease in temperature control.

[0171] Furthermore, for more efficiently acting the ions generated from the ion generators 190-1 and 190-2 to at least the rear face 202b, a blower 191 may be installed as shown in Fig. 61 to at least the side of the rear face 202b to more efficiently move the generated ions to the rear face 202b. The blower 191 is controlled by the controller 180.

[0172] As shown in Fig. 61, an electrostatic sensor 251 can be installed to measure the amount of charge of at least the rear face 202b, preferably both faces including the front face 202a. An amount of ions to be generated by the ion generator 190 or a volume of air of the blower 191 can be controlled by the controller 180 based on the measured amount of charge.

[0173] Ions generated by the ion generator 190 may be let to act in order to more efficiently eliminate electric charge also in the post-forming bumps heating before the wafer with formed bumps 202 is delivered from the wafer holding part 1421 to the carry-out device 132.

[0174] Ions by the ion generator 190 can be applied in the preheating as well.

[0175] Although the warpage is corrected when the pre-forming bumps wafer 201 is loaded to the bonding stage 110 in the above-described embodiment, the warpage correction may be additionally carried out by working the blow suction devices 1611 and 1711 to jet the gas also when the pre-forming bumps wafer 201 is placed to the preheat device 160 and also when the wafer with formed bumps 202 is placed to the post-forming bumps heating device 170.

[0176] The pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 are positively charged consequent to the temperature rise and are negatively charged consequent to the decrease in temperature.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

With utilization of this phenomenon, the temperature rise control is executed so that the pre-forming bumps wafer 201 is raised from the room temperature to the bump bonding temperature not in one stroke, but gradually by alternately repeating the temperature rise and the decrease in temperature, e.g., as shown in Fig. 44. The preheating in this manner enables neutralization of the positive charge generated by the temperature rise with the negative charge generated by the decrease in temperature. In other words, an increased amount of charge is eliminated by electric charge which is generated and an opposite polarity in every time when the amount of charge is increased, and the amount of charge of the pre-forming bumps wafer 201 is maintained to the initial amount even after the pre-forming bumps wafer is raised to the bump bonding temperature. Similarly, as shown in Fig. 49, such decrease in temperature control is enabled in the post-forming bumps heating that the wafer with formed bumps 202 is not lowered all at once from the bump bonding temperature to the room temperature, but is gradually lowered by alternately repeating the temperature rise and decrease in temperature.

[0177] The temperature rise control and the decrease in temperature control in the above zigzag fashion can be adopted to the preheating and post-forming bumps heating in the preheat device 160 and post-forming bumps heating device 170.

[0178] In the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170 according to the embodiment, the rear faces of the pre-forming bumps wafer 201 and wafer with formed bumps 202 are nearly entirely held in contact with the aluminum plates 163 and 173. Considering only from a view point of the charge removal, it is not always necessary to keep the whole face in contact with the aluminum plate, and it is enough to hold the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 in looped contact with a conductive member by approximately 1/3 a radius from the outer circumference to the center.

[0179] The decrease in temperature control is carried out with the use of the post-forming bumps heating device 170, while the temperature rise control is carried out with the use of the preheat device 160 in the embodiment. Since the operations are independently carried out as above, processes from supplying the wafer to carrying out the wafer can be more efficiently executed, with shortening the cycle time. However, if there is a time allowance in the processes or in the like case, the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170 may be eliminated as in a bump forming apparatus 102 of Fig. 62, in which operations of keeping the wafer 201 to the bump bonding temperature, the decrease in temperature control in the post-forming bumps heating and the temperature rise control in the preheating can be executed by the bonding stage 110 under the control of the controller 180.

[0180] In such arrangement as above, either one of

the carry-in side transfer device 141 and the carry-out side transfer device 142 is enough, and consequently the bump forming apparatus is made compact in synergy with the elimination of the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170.

[0181] Fig. 63 shows operations of the preheating, the bump-bonding and the post-forming bumps heating in the structure of the bump forming apparatus 102, that is, with the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170 being eliminated while the charge appearance semiconductor substrate such as the pre-forming bumps wafer 201 or the like is placed on the wafer laying stage 111 of the bonding stage 110. In step 1001 in Fig. 63, for example, a transfer device 143 such as the above carry-in side transfer device 141 is used to load the pre-forming bumps wafer 201 as the charge appearance semiconductor substrate from the carry unit 130 onto the wafer laying stage 111 of the bonding stage 110. The wafer laying stage 111 at this time is approximately 40°C. In step 1002, the suction device 114 of the bonding stage 110 is worked to suck a loaded sub plate 195 to be described later onto the wafer laying stage 111 in the case where the sub plate is employed. On the other hand, when the pre-forming bumps wafer 201 is to be directly placed onto the wafer laying stage 111, the suction is not carried out. The reason for this is as follows. That is, in next step 1003, the pre-forming bumps wafer 201 is raised from approximately 40°C to approximately 210°C and the deformation such as warpage or the like is caused by the above temperature change. Therefore if the suction operation limits the deformation of the wafer, there is a possibility that the pre-forming bumps wafer 201 is damaged. Thus the suction operation is not performed for avoiding the damage.

[0182] In step 1003, the pre-forming bumps wafer 201 is raised at the temperature rise rate of, e.g., 10°C/min. Since the pre-forming bumps wafer 201 is in direct contact with the wafer laying stage 111, electric charge generated to the pre-forming bumps wafer 201 by the temperature change at the temperature rise time can be efficiently removed through the wafer laying stage 111. Therefore the temperature rise rate can be set variously as discussed before.

[0183] In step 1004, movement of the pre-forming bumps wafer 201 on the wafer laying stage 111 is limited, for example, by the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1411 of the carry-in side transfer device 141. In next step 1005, the blower 115 is operated to blow the hot air from the air holes 113 of the wafer laying stage 111 to the pre-forming bumps wafer 201, thereby carrying out the charge removal by discharging electric charge of the pre-forming bumps wafer 201 into the air. Then, in step 1006, the suction device 114 is operated to suck the pre-forming bumps wafer 201 onto the wafer laying stage 111. After steps 1005 and 1006 are carried out, these steps are carried out again in the embodiment. In other words, the blowing operation for charge

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

removal is conducted twice. The number of times of the blowing operation for charge removal and a time period of the blowing can be set in accordance with the amount of charge of the pre-forming bumps wafer 201. For example, the blowing may be carried out once for only a set time when the amount of charge is approximately -50V or smaller, or carried out once under conditions of continuous blowing when the amount of charge is approximately -800V. When the amount of charge is approximately -1000V, the blowing can be carried out for a plurality of the number of times under conditions of continuous blowing as above.

[0184] In step 1007, bump bonding is executed to the pre-forming bumps wafer 201. In step 1008, the suction device 114 is stopped to stop the suction. The reason for stopping the suction at this time point is the same as when the suction is not conducted in step 1002, i.e., to avoid the damage by not limiting the deformation of the wafer with formed bumps 202 because of the temperature change.

[0185] In next step 1009, the temperature of the wafer laying stage 111 is lowered from approximately 210°C to approximately 40°C, e.g., at the decrease in temperature rate of 10°C/min. The wafer with formed bumps 202 is held in direct contact with the wafer laying stage 111, and therefore, charge generated to the wafer with formed bumps 202 as a result of the temperature change at the decrease in temperature can be efficiently removed by the wafer laying stage 111. Therefore the decrease in temperature rate can be set variously as described earlier. In step 1010, the wafer with formed bumps 202 is subjected to the blowing to float from the wafer laying stage 111. The wafer with formed bumps 202 is moved from the wafer laying stage 111 to the carry-out device 132 by the transfer device.

[0186] The above-described blowing operation for charge removal may be performed in the preheating operation and the post-forming bumps heating operation in the bump forming apparatus 101 equipped with the preheat device 160 and post-forming bumps heating device 170 by operating the blow suction devices 1611 and 1711 and jetting the gas.

[0187] Although a protecting member named sub plate for protecting a wafer from breaking is not attached to the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 in the above description, the sub plate 195, e.g., as shown in Fig. 64 may be attached to the rear face 201b. The sub plate 195 is formed of, for instance, a metallic material such as aluminum or the like. The rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 is brought into contact with the sub plate 195 and the pre-forming bumps wafer is held to the sub plate 195 by leaf springs 196 fitted to the sub plate 195.

[0188] The wafers 201 and 202 are prevented from breaking owing to the presence of the sub plate 195. Moreover, since the rear face 201b is always kept in contact with the sub plate 195 and made conductive to the front face 201a via the leaf springs 196, a difference in

amount of charge between the front and rear faces can be lessened and an occurrence of damage to the circuit formed to the pre-forming bumps wafer 201 caused by charge can be reduced.

[0189] The sub plate 195 has a plurality of through holes 197 penetrating therethrough in a thickness direction, so that heat of plate heaters 161 and 171 effectively act to the wafers 201 and 202 during the preheating operation and the post-forming bumps heating operation, and moreover ions generated by the ion generator 190 effectively act to the rear faces 201b and 202b of the wafers 201 and 202.

[0190] The charge removal operation executed to the charge appearance semiconductor substrate by the bump forming apparatus 101 and the bump forming apparatus 102 described above can form the charge appearance semiconductor substrate with charge being reduced to about  $\pm 200V$  on an average. When the ion generator 190 is used in addition, the charge appearance semiconductor substrate having charge reduced to approximately  $\pm 20-30V$  as mentioned above can be obtained. The pyroelectric breakdown of the circuit formed to the charge appearance semiconductor substrate, damage such as the break or the like of the charge appearance semiconductor substrate itself, etc. caused by the electric charge can be prevented accordingly.

[0191] Charges of the charge appearance semiconductor substrate are removed or reduced in the bump forming apparatus 101 of the embodiment by disposing the substrate in a state to be in contact with the preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 170. However, such an arrangement as a modified example to be described below is also available, in which charge is removed or reduced without bringing the charge appearance semiconductor substrate into contact with the preheat device and the post-forming bumps heating device.

[0192] Fig. 71 is a diagram corresponding to Fig. 2, indicating a bump forming apparatus 501 as the aforementioned modified example. A primary difference between the bump forming apparatus 501 and the earlier-described bump forming apparatus 101 is found in a preheat device 560, a post-forming bumps heating device 570, and the operation for removing or reducing electric charge. The preheat device 560 corresponds to the earlier preheat device 160 and the post-forming bumps heating device 570 corresponds to the post-forming bumps heating device 170. The same parts are designated by the same reference numerals in the bump forming apparatus 501 as in the bump forming apparatus 101, the description of which will be omitted. Only different points in structure of the preheat device 560 and post-forming bumps heating device 570 from the preheat device 160 and post-forming bumps heating device 170 and the charge removal and reduction operation will be discussed in the following description.

[0193] Referring to Figs. 72 and 73, the preheat de-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

vice 560 is an apparatus for raising the pre-forming bumps wafer 201 caught by the wafer holding part 1411 from the carry-in device 131 from the room temperature to the vicinity of approximately 210°C which is the bump bonding temperature when bumps are formed at the bonding stage 110 in a state with the pre-forming bumps wafer 201 kept out of contact with the preheat device 560 and held by the wafer holding part. The preheat device has a structure in which the aluminum plate 163 as the heat diffuser member is mounted on the plate heater frame 162 having the plate heater 161 as a heat source. The bump bonding temperature, namely, approximately 210°C can be changed in a range from approximately 150°C to approximately 210°C in accordance with the material or the like of the pre-forming bumps wafer 201.

[0194] The plate heater 161 is controlled by the controller 180 to raise the temperature with reference to temperature information from the temperature sensor 166 such as a thermocouple or the like which measures a temperature of the aluminum plate 163. This operation of raising the temperature is one of characteristic operations in the bump forming apparatus 501 and will be detailed later. In order to be able to execute the characteristic raising temperature operation, a path 164 for cooling material is formed in a serpentine to the aluminum plate 163. In the embodiment, the air of the room temperature is used as the cooling material and supplied to the path 164 by the air supply device 165 controlled by the controller 180. Although water may be used as the cooling material, the temperature rise or decrease in temperature becomes hard to control because the water has a low response for the temperature rise or decrease. The air is more preferable to the water.

[0195] The pre-forming bumps wafer 201 is arranged above the aluminum plate 163 while held by the wafer holding part 1411 via a gap of approximately 1mm to the aluminum plate 163 of the preheat device 560. Grooves 567 are formed to a face of the aluminum plate 163 opposite to the wafer along an advance direction of the wafer holding part 1411 so as to avoid interference with the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1411.

[0196] The post-forming bumps heating device 570 is an apparatus for decreasing the temperature of the wafer with formed bumps 202 held by the wafer holding part 1421 from the bonding stage 110 after bumps are formed to near the room temperature from the vicinity of approximately 210°C as the bump bonding temperature while the wafer with formed bumps is kept in a non-contact state to the post-forming bumps heating device 570 with held by the wafer holding part. The post-forming bumps heating device is similar to the above preheat device 560 in terms of structure. That is, the post-forming bumps heating device 570 includes the plate heater 171, the plate heater frame 172, the aluminum plate 173, the path 174 for cooling material, the air supply device 175, the temperature sensor 176 and grooves 577. Figs. 72 and 73 show reference numerals in both the preheat device 560 and the post-forming bumps heating

device 570. The plate heater 171 is controlled by the controller 180 to control the decrease in temperature of the wafer with formed bumps 202. The operation of controlling the decrease in temperature is one of features of the bump forming apparatus 501 and will be described in detail later.

[0197] Front faces of the aluminum plates 163, 173 opposite to the pre-forming bumps wafer 201, wafer with formed bumps 202 in the preheat device 560, post-forming bumps heating device 570 are preferably treated by an insulating far infrared radiation coating. A heat dissipation efficiency for the pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 can be improved by the coating.

[0198] Among operations in the bump forming apparatus 501 with the above-constituted preheat device 560 and post-forming bumps heating device 570, the charge removal and reduction operation to the charge appearance semiconductor substrate without bringing the charge appearance semiconductor substrate into contact with the preheat device 560 and the post-forming bumps heating device 570 will now be described below. Similar to the earlier-described bump forming apparatus 101, each part constituting the bump forming apparatus 501 is controlled in operation by the controller 180, whereby a sequence of operations from forming bumps to the pre-forming bumps wafer 201 to storing the wafer with formed bumps 202 into the second storage container 206 is carried out. The controller 180 also controls the blowing operation for warpage correction to the pre-forming bumps wafer 201 carried out by the bonding stage 110.

[0199] In the following description, the contact members for charge removal attached to the wafer holding parts 1411 and 1421 are exemplified by the contact member 14100 shown in Fig. 13 which is applicable to any wafer and substrate such as the above charge appearance semiconductor substrate developing the warpage, etc. Contact members 14107, 14113, 14116, 14120, 14121 or 14122 may be used in place of the contact member 14100.

[0200] The pre-forming bumps wafer 201 and the wafer with formed bumps 202 generate positive charge in accordance with the temperature rise and generate negative charge in accordance with the decrease in temperature. With this phenomenon utilized in the preheating, the pre-forming bumps wafer 201 is not raised from the room temperature to the bump bonding temperature in one stroke, but the temperature rise control is executed by repeatedly carrying out the temperature rise and the decrease in temperature, for example, as shown in Fig. 74, and then the pre-forming bumps wafer 201 is raised to the bump bonding temperature. When the preheating is carried out as above, positive charge generated through the temperature rise can be neutralized by negative charge generated by the decrease in temperature. In other words, a fundamental concept of the preheating in this example is that an increased amount of charge

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



is eliminated by charge which is generated and an opposite polarity every time the amount of charge is increased, and the amount of charge of the pre-forming bumps wafer is maintained to the initial amount even after the pre-forming bumps wafer is raised to the bump bonding temperature. The preheating operation in the example will be more fully described below.

[0201] Fig. 75 shows a flow of the entire preheating operation controlled by the controller 180. More specifically, in step 2101, whether the aluminum plate 163 of the preheat device 560 is a start temperature or not is determined. Unless the aluminum plate is the start temperature, the aluminum plate is heated by the plate heater 161 or cooled by supplying the air by the air supply device 165, thereby being adjusted to the start temperature in step 2102. The start temperature in the example is 40°C and the temperature of the aluminum plate 163 is measured by the temperature sensor 166.

[0202] In step 2103, a temperature rise gradient is controlled and the aluminum plate 163, i.e., pre-forming bumps wafer 201 is started to be raised in temperature. In step 2104, whether or not the aluminum plate 163 has reached a temperature rise target temperature is determined. Since the bump bonding temperature for the pre-forming bumps wafer 201 is approximately 210°C, the temperature rise target temperature of the aluminum plate 163 is approximately 200°C in the example. When the aluminum plate 163 has not reached the temperature rise target temperature, steps 2121-2124 of Fig. 76 are carried out. As described before, since the bump bonding temperature is variable depending on the material or the like of the pre-forming bumps wafer 201, the temperature rise target temperature can also be changed to conform to the bump bonding temperature.

[0203] Through the temperature rise control operation executed in steps 2103, 2104 and 2121-2124, the temperature rise operation is carried out to the bump bonding temperature by alternately repeating the temperature rise and the decrease in temperature which is one of the characteristic operations in the example. The operation for raising the temperature will be further detailed below.

[0204] When the aluminum plate is determined to have reached the temperature rise target temperature in step 2104, the step moves to step 2105, when the preheating operation is completed. The pre-forming bumps wafer 201 is transferred to the bonding stage 110 in step 2106. After the transfer, in step 2107, the air supply by the air supply device 165 is started to lower the aluminum plate 163 to the start temperature. In step 2108, whether or not the aluminum plate is decreased to the start temperature is determined. When the aluminum plate is decreased to the start temperature, the air supply by the air supply device 165 is stopped in step 2109, so that the start temperature is maintained. The step returns to step 2103 in preparation for preheating operation of a next pre-forming bumps wafer 201.

[0205] The temperature rise control in the above

steps 2103, 2104 and 2121-2124 will be depicted.

[0206] The temperature of the aluminum plate 163 is raised in accordance with a preliminarily set temperature rise gradient in step 2103. The temperature rise gradient is set to 20°C/min in the example. When the aluminum plate 163 has not reached the temperature rise target temperature in step 2104, step moves to step 2121, where it is determined whether a decrease in temperature start condition is satisfied or not. In this case, the temperature of the aluminum plate 163, a time after the temperature rise starts, the amount of charge of the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201, or the like can be adopted as a physical quantity to be the decrease in temperature start condition. This example uses the temperature of the aluminum plate 163 as the physical quantity.

[0207] In the case where the amount of charge of the rear face 201b is to be used as the physical quantity, as indicated in Fig. 78, a plurality of through holes 252 are formed penetrating to each of the plate heater 161, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163, and an electrostatic sensor 251 is arranged below the plate heater 161. The amount of charge of the rear face 201b is measured by the electrostatic sensor 251 through the through holes 252. The measured value is sent to the controller 180 which in turn obtains the amount of charge. When the amount of charge of the rear face 201b is to be measured by the electrostatic sensor 251, or when charge is to be removed with the use of the ion generator 190 as will be described later, inner faces and peripheries of the through holes 252 and surfaces of the plate heater 161, the plate heater frame 162 and the aluminum plate 163 are preferably coated with an insulating material so as to prevent electrostatic ions from being attracted to the conductor thereby hindering correct measurement of the amount of charge or obstructing the charge removal.

[0208] When the temperature of the aluminum plate 163 is selected as the physical quantity of the decrease in temperature start condition as in the present example, in step 2121, a temperature width designated by a reference numeral 271 in Fig. 77 is obtained on a basis of temperatures of the aluminum plate 163 at a start of the temperature rise and at present, and it is determined whether or not the temperature width 271 is a predetermined value. The step moves to step 2122 when the temperature width has reached the predetermined value, whereas the step goes back to step 2103 when the temperature width has not reached the predetermined value.

[0209] The temperature width 271 is set to 30°C in the example. When the "time" is selected as the physical quantity of the decrease in temperature start condition, a reference numeral 273 seems more appropriately corresponding to the time. However the reference numeral 271 can also correspond to the "time". A time from the temperature rise start to the decrease in temperature start can be set to, e.g., two minutes. When the "amount

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

of charge" is selected, the reference numeral 271 corresponds to a difference in amount of charge which can be set, e.g.,  $300V \pm 10\%$ .

[0210] In step 2122, the air supply by the air supply device 165 to the path 164 is started to start lowering the temperature of the aluminum plate 163. A decrease in temperature gradient in this step is set beforehand, which is set to be  $-30^\circ\text{C}/\text{min}$  in this example.

[0211] In step 2123, it is determined whether or not a decrease in temperature target condition is satisfied. The above-mentioned "time", "amount of charge" or the like besides the "temperature" in the example is used as the physical quantity of the decrease in temperature target condition. According to the example, in step 2123, a temperature width denoted by a reference numeral 272 in Fig. 77 is obtained on a basis of each of temperatures of the aluminum plate 163 at the start of the decrease in temperature and at present, and whether or not the temperature width 272 has reached a predetermined value is determined. When the temperature width has reached the predetermined value, the step goes to succeeding step 2124. The step returns to step 2122 when the temperature width has not reached the predetermined value. The temperature width 272 is a value smaller than the temperature width 271 and approximately  $1/2$ - $1/3$  the temperature width 271. The temperature width 272 is set to be  $15^\circ\text{C}$  in the example. When the "time" is selected as the physical quantity of the decrease in temperature target condition, the reference numeral 272 corresponds to the time, and can be set to one minute, for example. When the "amount of charge" is selected as the physical quantity, the reference numeral 272 corresponds to a difference in amount of charge and can be set to, e.g.,  $100V \pm 10\%$ .

[0212] In step 2124, the air supply by the air supply device 165 to the path 164 for cooling material is stopped, thereby stopping to decrease the temperature of the aluminum plate 163. The step returns to step 2103 after completion of the operation in step 2124.

[0213] The temperature of the aluminum plate 163, namely, pre-forming bumps wafer 201 is thus raised to the bump bonding temperature while the temperature rise and the decrease in temperature are alternately repeated through the temperature rise control operation in steps 2103, 2104 and 2121-2124. Since positive charge is increased through the temperature rise while negative charge is generated by the decrease in temperature, the charge primarily of the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 is neutralized by repeating the temperature rise and the decrease in temperature alternately as above. Since the decrease in temperature width is smaller than the temperature rise width as above, actually, positive charge is accumulated to the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 in the preheating operation as is clear from Fig. 74. However, the amount of accumulated charge can be greatly reduced in comparison with the case where the temperature is uniformly raised without alternately re-

peating the temperature rise and decrease in temperature. In one example, the amount of charge exceeds  $+2000V$  up to approximately  $+3000V$  when the temperature is raised uniformly, whereas the amount of charge can be suppressed to approximately  $+100V$  by alternately repeating the temperature rise and decrease in temperature.

[0214] After the above-described preheating operation, step 5 described in conjunction with the bump forming apparatus 101 is started. In step 5, the carry-in side transfer device 141 is moved by the transfer device 1413 from the preheat device 560 to the bonding stage 110. The pre-forming bumps wafer 201 held by the wafer holding part 1411 is placed on the bonding stage 110. When the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201 comes in contact with the wafer laying stage 111 of a metallic material of the bonding stage 110, part of charge accumulated to the rear face 201b is grounded to the wafer laying stage 111, and also part of the charge accumulated to the rear face 201b moves towards the front face 201a in some cases. According to the example, however, since the temperature rise control is carried out in the preheating operation, the amount of charge of the front face 201a and the rear face 201b, particularly of the rear face 201b is reduced as compared with the conventional example without the temperature rise control. Moreover, the contact member 14100 for charge removal is held in contact with the front face 201a. Therefore, sparking at the front face 201a can be prevented. The amount of charge of the rear face 201b is reduced as represented by a reference numeral 302 in Fig. 74 through the earthing to the wafer laying stage 111 and owing to an increase of negative charge subsequent to a slight decrease in temperature of the pre-forming bumps wafer 201 when separated from the preheat device 560.

[0215] The pre-forming bumps wafer 201 is, after loaded on the bonding stage 110, heated by the heater 112 installed to the bonding stage 110 and controlled by the controller 180 to the bump bonding temperature. Bumps 19 are formed, while carrying out the heating, by the bump forming head 120 to, e.g., electrode parts 18 of the circuit on the pre-forming bumps wafer 201 as shown in Fig. 88.

[0216] After the bumps are formed, the wafer with formed bumps 202 is moved from on the bonding stage 110. In other words, the wafer with formed bumps is arranged to above the bonding stage 110. The first holding member 1424 and the second holding member 1425 are opened by the driving part 1422 and the wafer laying stage 111 of the bonding stage 110 is moved up. In consequence of the upward movement, the contact member 14100 of the member 1426 for charge removal first comes in contact with the front face 202a of the wafer with formed bumps 202. Then, after the first holding member 1424 and the second holding member 1425 are closed by the driving part 1422, the wafer laying stage 111 of the bonding stage 110 is moved down, whereby

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

the wafer with formed bumps 202 is held to the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142.

[0217] The wafer with formed bumps 202 held by the wafer holding part 1421 is disposed to above the post-forming bumps heating device 570 as shown in Fig. 71 on the basis that the wafer holding part 1421 is moved in the X direction by the driving of the moving device 1423 of the carry-out side transfer device 142.

[0218] In step 7 in Fig. 27, the post-forming bumps heating device 570 controls the decrease in temperature of the wafer 202 by heating the wafer, thereby carrying out the post-forming bumps heating operation to the wafer with formed bumps 202 from the bump bonding temperature of approximately 210°C to a temperature exceeding the room temperature by approximately 10°C.

[0219] Similar to the earlier-described preheating operation, electric charge is generated to the wafer with formed bumps 202 as a result of the temperature change in the decrease in temperature operation. The front face 202a and the rear face 202b of the wafer are charged as indicated by reference numerals 303 and 304 in Fig. 74.

[0220] Under the circumstances, in the post-forming bumps heating operation as well as in the preheating operation, the decrease in temperature is controlled by alternately repeating the decrease in temperature and the temperature rise, thereby suppressing the amount of charge of particularly the rear face 202b. Meanwhile, the charge of the front face 202a is grounded because the contact member 14100 is held in contact with the front face 202a.

[0221] Fig. 79 shows a flow of the entire operation in the above post-forming bumps heating operation. The operation is controlled by the controller 180. Specifically, whether the temperature of the aluminum plate 173 of the post-forming bumps heating device 570 is a start temperature or not is determined in step 2131. When the aluminum plate is not the start temperature, the aluminum plate is adjusted to the start temperature in step 2132 by heating by the plate heater 171 or by cooling through the air supply by the air supply device 175. The start temperature is approximately 200°C in the example and the temperature of the aluminum plate 173 is measured by the temperature sensor 176.

[0222] In step 2133, with the decrease in temperature gradient being controlled, the decrease in temperature of the aluminum plate 173, i.e., the wafer with formed bumps 202 is started by the supply of air by the air supply device 175. It is determined in step 2134 whether the aluminum plate 173 reaches a decrease in temperature target temperature or not. The decrease in temperature target temperature at the aluminum plate 173 is 40°C in the example. Steps 2151-2154 of Fig. 80 are carried out in the event that the aluminum plate 173 has not reached the decrease in temperature target temperature.

[0223] The decrease in temperature operation to the decrease in temperature target temperature is executed in this manner by alternately repeating the decrease in temperature and the temperature rise in steps 2133, 2134 and 2151-2154 which is one of characteristic operations of the example. The decrease in temperature control will be described in detail later.

[0224] When the aluminum plate is determined to have reached the decrease in temperature target temperature in step 2134, the step goes to step 2135, where the post-forming bumps heating operation is completed. The wafer with formed bumps 202 is transferred to the carry-out device 142 in step 2136. After the transfer, in step 2137, electricity is started to be supplied to the plate heater 171, thereby raising the aluminum plate 173 to the start temperature. Whether the aluminum plate has raised to the start temperature or not is determined in step 2138. When the aluminum plate is raised to the start temperature, the supply of electricity to the plate heater 171 is stopped to maintain the start temperature. The step returns to step 2133 to prepare for post-forming bumps heating operation for a next wafer with formed bumps 202.

[0225] The decrease in temperature control in the steps 2133, 2134 and 2151-2154 will now be described.

[0226] In step 2133, the aluminum plate 173 is lowered in temperature in accordance with a preliminarily set decrease in temperature gradient. The decrease in temperature gradient is set to be -20°C/min in the example. In step 2134, if the aluminum plate 173 has not reached the decrease in temperature target temperature, the step goes to step 2151, and it is determined whether or not a temperature rise start condition is satisfied. The temperature of the aluminum plate 173, a time after the decrease in temperature starts, an amount of charge of the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, or the like similar to the above preheating control may be used as a physical quantity of the temperature rise start condition, among which the present example uses the temperature of the aluminum plate 173.

[0227] When the amount of charge of the rear face 202b is used, as shown in Fig. 78 referred to in the description of the preheating control, a plurality of through holes 252 are formed to the aluminum plate 173 or the like and the electrostatic sensor 251 is arranged below the plate heater 171. The amount of charge of the rear face 202b is measured by the electrostatic sensor 251 through the through holes 252. The measured value is sent to the controller 180 to obtain the amount of charge.

[0228] In the case where the temperature of the aluminum plate 163 is selected as the physical quantity of the temperature rise start condition as in the example, in step 2151, a temperature width denoted by a reference numeral 275 in Fig. 81 is obtained on a basis of each temperature of the aluminum plate 163 at the start of the decrease in temperature and at present and, whether the temperature width 275 has reached a pre-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

determined value is determined. The step goes to step 2152 when the temperature width has reached the predetermined value, or the step returns to step 2133 when the temperature width has not reached the value.

[0229] According to this example, the temperature width 275 is set to be 30°C. The reference numeral 275 corresponds to a time when the "time" is selected as the physical quantity of the temperature rise start condition. The time can be set to two minutes, for instance. The reference numeral 275 corresponds to an amount of charge when the "amount of charge" is selected, which can be set to, e.g., 300V±10%.

[0230] In step 2152, the supply of electricity to the plate heater 171 of the post-forming bumps heating device 570 is started to start raising the temperature of the aluminum plate 173. The temperature rise gradient at this time is set beforehand and is set to be +30°C/min in the example. The supply of the air by the air supply device 175 is stopped in response to the start of the power supply to the plate heater 171.

[0231] In step 2153, whether or not a temperature rise target condition is satisfied is determined. For a physical quantity to be the temperature rise target condition, a "time", an "amount of charge" or the like is utilizable as well as the "temperature" employed by the example. The temperature width designated by a reference numeral 276 in Fig. 81 is obtained in step 2153 on a basis of temperatures of the aluminum plate 173 at the start of the temperature rise and at present, and whether or not the temperature width 276 has reached a predetermined value is determined. The step moves to step 2154 when the temperature width has reached the predetermined value. The step returns to step 2152 when the temperature width has not reached the predetermined value. The temperature width 276 is a value smaller than the temperature width 275, that is, approximately 1/2 to 1/3 the temperature width 275. The temperature width is set to be 15°C in the example. The reference numeral 276 corresponds to the time when the "time" is selected as the physical quantity of the temperature rise target condition and can be set to e.g., one minute. The reference numeral 276 corresponds to the difference in amount of charge when the "amount of charge" is selected, which can be set to, e.g., 100V±10%.

[0232] In step 2154, the power supply to the plate heater 171 of the post-forming bumps heating device 570 is stopped, whereby the temperature rise to the aluminum plate 173 is stopped. After the operation in step 2154 completes, the step returns to step 2133.

[0233] Through the decrease in temperature control in steps 2133, 2134 and 2151-2154, the temperature of the aluminum plate 173, namely, wafer with formed bumps 202 is decreased to the decrease in temperature target temperature while the decrease in temperature and the temperature rise are alternately repeatedly carried out. When the decrease in temperature and the temperature rise are alternately repeated, charge of primarily the rear face 202b of the wafer with formed

bumps 202 are neutralized, because positive charge is generated through the temperature rise although negative charge is increased by the decrease in temperature. Since the temperature rise width is smaller than the decrease in temperature width as described above, negative charge is actually accumulated to the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202 through the post-forming bumps heating operation as indicated by the reference numeral 303 in Fig. 74. However, the amount of charge can be greatly reduced in comparison with a case where a temperature of the wafer is decreased uniformly without alternately repeating the decrease in temperature and the temperature rise. For example, the aluminum plate is charged to approximately -2000V to approximately -3000V in the case of uniform decrease in temperature, whereas electric charge can be restricted to approximately -100V if the decrease in temperature and the temperature rise are alternately repeated.

[0234] After the post-forming bumps heating operation, step 8 in Fig. 27 is started to execute the following operations. The wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 with holding the wafer with formed bumps 202 is moved by the operation of the moving device 1423 in the X direction to above the carry-out device 132. A state after the movement is indicated in Fig. 56.

[0235] After the movement, the driving part 1324 of the carry-out device 132 drives, whereby the holding part 1323 is brought into contact with the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202 as shown in Fig. 57 and the wafer with formed bumps 202 is moved up to float by approximately 1mm from the holding hooks 1417 of the wafer holding part 1421. When the holding part 1323 comes in contact with the rear face 202b, the charge of the rear face 202b is grounded through the holding part 1323. The amount of charge of the rear face 202b is accordingly reduced as indicated by a reference numeral 305 in Fig. 74. The contact member 14100 for charge removal maintains the state in contact with the front face 202a of the wafer with formed bumps 202 also when the wafer with formed bumps is moved up as above. Therefore, similar to the case when the wafers 201 and 202 are delivered at the carry-in device 131 and bonding stage 110, even when charge on the front face 202a is changed in consequence of changing of an amount of charge on the rear face 202b because of the holding part 1323 coming in contact with the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, an amount of charge resulting from the change can be eliminated.

[0236] After the wafer with formed bumps is moved up, the wafer is held by the suction to the holding part 1323.

[0237] After the holding part 1323 holds the wafer with formed bumps 202, as shown in Fig. 58, the first holding member 1424 and the second holding member 1425 of the wafer holding part 1421 are opened by the driving part 1422, thus freeing the holding of the wafer with formed bumps 202.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[0238] As indicated in Figs. 59 and 60, after the holding is freed, the holding part 1323 descends to place the wafer with formed bumps 202 onto the holding stage 1321. After the wafer with formed bumps is placed, the holding stage 1321 holds the wafer with formed bumps 202 by suction according to the example.

[0239] In step 9 of Fig. 27, the holding stage 1321 holding the wafer with formed bumps 202 is moved in the X direction by the operation of the moving device 1322 for carry-out device, thereby transferring the wafer with formed bumps 202 towards the second storage container 206.

[0240] In step 10, the holding stage 1321 stores the wafer with formed bumps 202 into the second storage container 206.

[0241] As described hereinabove, according to the bump forming apparatus 501 of the example, charge generated to the charge appearance semiconductor substrate, e.g., piezoelectric substrate wafer or the like which generates charge in response to the temperature change can be reduced to a level not damaging the circuit formed on the wafer and not breaking the wafer itself by the temperature rise control and the decrease in temperature control for the wafer without, for example, forming an aluminum film along the dicing lines of the wafer or without forming the aluminum film to the whole of the rear face of the wafer.

[0242] Particularly, in a case where the wafer is 0.2mm thick or thinner, or where a distance between lines in the circuit formed on the wafer is smaller than 1 $\mu$ m and especially a difference of line widths of adjacent lines is large, a large charge removal effect is obtained by the above temperature rise control and the decrease in temperature control in the preheating operation and post-forming bumps heating operation.

[0243] In the bump forming apparatus 501 of the modified example, the temperature rise gradient in the preheating operation is set to a constant value of 20°C/min and the decrease in temperature gradient in the post-forming bumps heating operation is set to a constant value of -20°C/min. However, the gradient values are not limited to the above values. For example, different gradient values may be adopted at vicinities of the start and the end of the preheating and post-forming bumps heating operation, and vicinities of the middle of the preheating and post-forming bumps heating operation.

[0244] The temperature rise gradient value, the temperature rise target temperature, the decrease in temperature start temperature, the decrease in temperature gradient value and the decrease in temperature target value in the preheating operation, and also the decrease in temperature gradient value, the decrease in temperature target temperature, the temperature rise start temperature, the temperature rise gradient value and the temperature rise target value in the post-forming bumps heating operation may be stored beforehand in the memory 181 of the controller 180 for every kind, very material, every size or the like of the wafers to which

bumps are to be formed. The control can be changed in accordance with the kind of wafers to be processed.

[0245] As described hereinabove in the modified example alike, specific temperature controls are carried out both at the temperature rise operation for the pre-forming bumps wafer 201 and at the decrease in temperature operation for the wafer with formed bumps 202. However, at least the decrease in temperature control only at the decrease in temperature operation from the bump bonding temperature to the room temperature is enough in the example. There is a reason for this as follows. That is, as described above, the wafers 201 and 202 has the characteristic that they are hard to eliminate charge once charged. Further the wafer 202 is stored in the second storage container 206 after lowered from the bump bonding temperature to the room temperature. Therefore if the wafer 202 kept charged when stored in the second storage container, there would be a possibility that problems are caused. Accordingly electric charge of the wafer 202 should be sufficiently eliminated.

[0246] In the example as well as the bump forming apparatus 101 described earlier, as shown in Fig. 61, while the wafer with formed bumps 202 is delivered from the wafer holding part 1421 of the carry-out side transfer device 142 to the carry-out device 132, the ion generator 190 is preferably disposed to at least a side of the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, more preferably to both sides including a side of the front face 202a.

[0247] For efficiently removing charge in the post-forming bumps heating operation before delivering the wafer with formed bumps 202 to the carry-out device 132 from the wafer holding part 1421, as shown in Fig. 82, ions by the ion generator 190 are preferably acted to at least the rear face 202b of the wafer with formed bumps 202, more preferably to both faces including the front face 202a of the wafer with formed bumps. If the blower 191 is added, charge can be more effectively removed. A quantity of ions to be generated by the ion generator 190 and a volume of the air to be sent from the blower 191 may be controlled by the controller 180 based on the measured amount of charge of at least the rear face 202b, preferably both faces including the front face 202a while measuring the amount of charge with the electrostatic sensor 251.

[0248] In order to act the ions to the rear face 202b, the ion generator 190 is arranged below the plate heater 171 of the post-forming bumps heating device 570, which necessitates forming through holes 252 described with reference to Fig. 78, as shown in Fig. 82.

[0249] Further, an arrangement is adoptable in which the ions by the ion generator 190 are let to act also in the preheating operation to at least the rear face 201b of the pre-forming bumps wafer 201, preferably to both faces including the front face 201a. The blower 191 and the electrostatic sensor 251 may be added to the arrangement. Charges can be more efficiently removed in

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

the preheating operation alike in this arrangement although the preheat device 560 should be provided with through holes 252 as in Fig. 83 to act the ions to the rear face 201b.

[0250] Similar to the description with reference to Figs. 62 and 63, the preheat device 560 and the post-forming bumps heating device 570 may be eliminated also from the bump forming apparatus 501 of the modified example, wherein the operation shown in Fig. 84 is carried out. That is, the charge appearance semiconductor substrate such as the pre-forming bumps wafer 201 or the like is disposed via a distance of approximately 1-several mm from the wafer laying stage 111, and preheated. After the preheating operation, the charge appearance semiconductor substrate is placed on the wafer laying stage 111 to execute bump bonding. After the bump bonding, the charge appearance semiconductor substrate is arranged with a non-contact state above the wafer laying stage 111 again and heated for post-forming bumps. In step 2201 of Fig. 84, with the use of, e.g., the transfer device 143 such as the carry-out side transfer device 141 or the like, the pre-forming bumps wafer 201 which is the charge appearance semiconductor substrate is disposed from the carry unit 130 to above the wafer laying stage 111 of the bonding stage 110. The wafer laying stage 111 at this time shows a temperature of approximately 40°C.

[0251] In step 2203, as described before, the pre-forming bumps wafer 201 is raised in temperature at the temperature rise rate of 20°C/min while the temperature rise and the decrease in temperature are repeated.

[0252] In step 2205, the blower 115 is driven to blow the hot air through air holes 113 of the wafer laying stage 111 to the pre-forming bumps wafer 201. The charge charged to the pre-forming bumps wafer 201 are discharged in the air and removed accordingly. After the blowing, in step 2206, the pre-forming bumps wafer 201 is carried to the wafer laying stage 111 and the suction device 114 is operated to suck the pre-forming bumps wafer 201 onto the wafer laying stage 111.

[0253] In step 2207, bump bonding is carried out to the pre-forming bumps wafer 201.

[0254] In step 2209, the wafer laying stage 111 is moved up to make the transfer device 143 hold the charge appearance semiconductor substrate. The wafer laying stage 111 is moved down so as to keep the distance between the charge appearance semiconductor substrate and the wafer laying stage 111 to be about 1-several mm. The temperature of the wafer laying stage 111 is decreased from approximately 210°C to approximately 40°C at the decrease in temperature rate of e.g., 20°C/min by repeating the decrease in temperature and the temperature rise. At this operation, the blowing operation for charge removal carried out in step 2205 may be conducted concurrently. In step 2210, the wafer with formed bumps 202 is moved by the transfer device from the wafer laying stage 111 to the carry-out device 132.

[0255] In the structure where the blower is installed to each of the preheat device 560 and the post-forming bumps heating device 570 in the bump forming apparatus 501 equipped with the preheat device 560 and post-forming bumps heating device 570, the above blowing operation for charge removal may be carried out by working the blower to jet the gas also in the preheating operation and the post-forming bumps heating operation in the bump forming apparatus 501 with the preheat device 560 and post-forming bumps heating device 570.

[0256] The blowing operation for charge removal enables elimination of charge of the charge appearance semiconductor substrate. Particularly when the grooves 14 are formed to the rear face of the charge appearance semiconductor substrate, charge in the grooves 14 can be efficiently discharged in the air. Therefore, charge of the charge appearance semiconductor substrate can be more efficiently removed by the blowing operation for charge removal executed concurrently with the zigzag temperature control of the repeated temperature rise and decrease in temperature and moreover by the action of the ion to the charge appearance semiconductor substrate.

[0257] Processing with the use of the sub plate is possible also in the bump forming apparatus 501 of the example.

[0258] The entire disclosure of Japanese Patent Application Nos. 11-189053 filed on July 2, 1999, 11-308855 filed on October 29, 1999, 11-293702 filed on October 15, 1999, 11-323979 filed on November 15, 1999 and 2000-184467 filed on June 20, 2000, including descriptions, claims, drawings and summaries are all incorporated herein by reference.

[0259] Although the present invention has been fully described in connection with the preferred embodiments thereof with reference to the accompanying drawings, it is to be noted that various changes and modifications are apparent to those skilled in the art. Such changes and modifications are to be understood as included within the scope of the present invention as defined by the appended claims unless they depart therefrom.

## Claims

1. A bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates which is equipped with a bump forming head (120) for forming bumps onto electrodes of a circuit on the charge appearance semiconductor substrate (201, 202) which generates electric charge in consequence of a temperature change in a state while heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps, said bump forming apparatus comprising:

a heating and cooling apparatus (110, 160, 170) for eliminating electric charge generated

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate after bumps are bonded to the heated substrate; and a controller (180) for executing a decrease in temperature control for cooling the substrate after the bonding to the heating and cooling apparatus.

2. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 1, wherein, when executing the cooling, the heating and cooling apparatus comes in contact with a rear face (202b) opposite to a front face (202a) as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate so as to eliminate charge generated to the substrate because of the decrease in temperature in the cooling.
3. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 2, wherein the heating and cooling apparatus preheats the substrate to a vicinity of the bump bonding temperature before heating the substrate to the bump bonding temperature, and further eliminates charge generated to the substrate because of a temperature rise by the preheating through contact with the rear face of the substrate, the controller executes a temperature rise control for the preheating operation to the heating and cooling apparatus.
4. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 3, wherein the heating and cooling apparatus comprises a bump bonding stage (110) for heating the substrate to the bump bonding temperature, and a cooling device (170) for cooling the substrate in accordance with the decrease in temperature control by the controller.
5. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 3, wherein the heating and cooling device comprises a bump bonding stage (110) for heating the substrate to the bump bonding temperature, and a pre-heat device (160) for preheating the substrate in accordance with the temperature rise control by the controller.
6. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 4, wherein the cooling device includes a heat diffuser member (163, 173) which comes in contact with the rear face of the substrate, a heating part (161, 171) detachable to the heat diffuser member for raising the heat diffuser member in temperature, and a separator (1601, 1701) for separating the heat diffuser member and the heating part so as to

promote cooling of the heat diffuser member.

7. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 5, wherein the pre-heat device includes a heat diffuser member (163, 173) which comes in contact with the rear face of the substrate, a heating part (161, 171) which comes in contact with the heat diffuser member so as to raise the heat diffuser member in temperature, and a separator (1601, 1701) for separating the heat diffuser member and the heating part so as to promote cooling of the heat diffuser member.
8. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 2, which further comprises a gas supply device (115, 1611, 1711) for supplying a gas to the substrate placed to the heating and cooling apparatus, wherein the controller executes a warpage correction control for correcting a warpage generated to the substrate placed to the heating and cooling apparatus to either the gas supply device, or the heating and cooling apparatus.
9. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 8, wherein the controller executes a blowing control for charge removal for eliminating charge generated to the substrate placed to the heating and cooling apparatus to the gas supply device.
10. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 2, which further comprises a contact member (14100, 14161) for charge removal which comes in contact with the front face of the substrate to remove an amount of charge generated to the front face.
11. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 2, which further comprises an ion generator (190) for generating ions for neutralizing charge accumulated to the substrate.
12. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 11, which further comprises a wafer holding part (1411, 1421) with holding hooks (1417) for holding the substrate by the holding hooks and transferring the substrate to the heating and cooling apparatus, wherein the wafer holding part and the holding hooks are coated with an insulating material at a portion (14172, 14174) where the ions generated from the ion generator act.
13. The bump forming apparatus for charge appear-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

- ance semiconductor substrates according to claim 2, wherein the heating and cooling apparatus is metal plated (261) at a portion in contact with the rear face of the substrate for improving a heat conductivity between the heating and cooling apparatus and the substrate and removing charge of the substrate.
14. A method for removing charge of charge appearance semiconductor substrates which generate electric charge in consequence of a temperature change thereof, which comprises:
- forming bumps to electrodes of a circuit on the substrate with the substrate heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps, when the substrate is cooled after forming bumps, and eliminating electric charge which is generated to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate through a load member on which the substrate is placed.
15. The charge removal method for charge appearance semiconductor substrates according to claim 14, further comprising blowing a gas to the substrate loaded on the load member for eliminating charge generated to the substrate.
16. The charge removal method for charge appearance semiconductor substrates according to claim 14, further comprising acting ions to the substrate for neutralizing charge accumulated to the substrate.
17. The charge removal method for charge appearance semiconductor substrates according to claim 14, further comprising:
- eliminating charge generated to a circuit-formed face of the substrate by bringing a contact member (14100) for charge removal into contact with the circuit-formed face of the substrate.
18. A charge removing unit for charge appearance semiconductor substrates, which comprises:
- a heating and cooling apparatus (110, 160, 170) which comes in contact with a rear face (202b) opposite to a front face (202a) as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate which generates electric charge in consequence of a temperature change, thereby removing electric charge generated to the substrate as a result of a decrease in temperature in cooling the substrate after heating the substrate; and
- a controller (180) for executing a decrease in temperature control for cooling the substrate to the heating and cooling apparatus.
19. A charge appearance semiconductor substrate which comprises:
- a region for charge removal (14165) which is formed to a front face (202a) as a circuit-formed face of the charge appearance semiconductor substrate (201, 202) which generates electric charge in consequence of a temperature change, and which is formed of a conductor for eliminating electric charge generated to the substrate; and dicing lines (212), connected to the region for charge removal, for dicing circuit-formed parts (211) formed to the front face from the substrate.
20. A method for removing charge of charge appearance semiconductor substrates, which comprises:
- bringing a charge appearance semiconductor substrate defined in claim 19 into contact with a contact member (14100, 14161) for charge removal defined in claim 10; and eliminating electric charge generated to the substrate.
21. A charge appearance semiconductor substrate, which has an amount of electric charge of not larger than  $\pm 200V$  because of eliminating electric charge generated to the charge appearance semiconductor substrate (201, 202) which generates electric charge in consequence of a temperature change.
22. The charge appearance semiconductor substrate according to claim 21, which has charge eliminated by the charge removal method according to any one of claims 14-17.
23. The charge appearance semiconductor substrate according to claim 21, which has charge eliminated by the charge removing apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 18.
24. The charge appearance semiconductor substrate according to claim 21, which has charge eliminated by the charge removal method according to claim 20.
25. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 1, wherein the decrease in temperature control by the controller is a control for eliminating charge generated to the charge appearance semiconductor

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



substrate as a result of the decrease in temperature in the cooling,

while the heating and cooling apparatus heats the substrate to the bump bonding temperature in a noncontact state to the substrate and cools the substrate in the noncontact state in accordance with the decrease in temperature control by the controller after the bonding.

26. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 25, wherein the decrease in temperature control is executed to repeat alternately a decrease in temperature, and a temperature rise with a temperature width smaller than a decrease in temperature width of the decrease in temperature. 5
27. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 25, wherein the heating of the substrate at the heating and cooling apparatus to the bump bonding temperature includes preheating operation for preliminarily heating the substrate to a vicinity of the bump bonding temperature, 10  
the controller further executes a temperature rise control for removing charge generated to the charge appearance semiconductor substrate as a result of a temperature rise in the preheating to the heating and cooling apparatus. 15
28. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 27, wherein the temperature rise control is executed to repeat alternately a temperature rise, and a decrease in temperature with a temperature width smaller than a raise temperature width of the temperature rise. 20
29. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 25, wherein the heating and cooling apparatus has a bump bonding stage (110) for heating the substrate to the bump bonding temperature and a cooling device (170) for cooling the substrate in accordance with the decrease in temperature control by the controller. 25
30. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 27, wherein the heating and cooling apparatus has a bump bonding stage (110) for heating the substrate to the bump bonding temperature and a preheat device (160) for preheating the substrate in accordance with the temperature rise control by the controller. 30
31. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 35

29, wherein an ion generator (190) for generating ions to neutralize charge of the substrate and acting the ions to the substrate is arranged opposite to the substrate placed to the cooling device.

32. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 31, wherein the heating and cooling apparatus includes the bump bonding stage (110) for heating the substrate to the bump bonding temperature and a preheat device (160) for preheating the substrate to a vicinity of the bump bonding temperature in a noncontact state to the substrate before heating the substrate to the bump bonding temperature, said preheat device being subjected to a temperature rise control by the controller for removing charge generated to the substrate as a result of the temperature rise in the preheating, with the ion generator arranged opposite to the substrate disposed to the preheat device. 5
33. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 31, which further has a wafer holding part (1411, 1421) with holding hooks (1417) for holding the substrate, thereby holding and transferring the substrate by the holding hooks to the heating and cooling apparatus, wherein the wafer holding part and the holding hooks are coated with an insulating material at a portion where the ions generated from the ion generator act. 10
34. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 29, wherein the cooling device has a heat diffuser member (173) which is arranged opposite to the substrate and has a far infrared radiation paint applied to a face opposite to the substrate. 15
35. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 30, wherein the preheat device has a heat diffuser member (163) which is arranged opposite to the substrate and has a far infrared radiation paint applied to a face opposite to the substrate. 20
36. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 29, which further includes a warpage correction device (115) connected to the bump bonding stage for correcting a warpage of the substrate loaded to the bump bonding stage. 25
37. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 29, wherein the controller executes to the bump bonding stage a temperature control for warpage correction for correcting the warpage of the sub-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

strate loaded to the bump bonding stag .

38. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 29, which further has a gas supply device (115) connected to the bump bonding stage for supplying a gas to eliminate charge charged to the substrate loaded to the bump bonding stage, wherein the controller further executes a gas supply control for charge removal to the gas supply device.

39. The bump forming apparatus for charge appearance semiconductor substrates according to claim 25, which further includes a contact member for charge removal (14100, 14107, 14113, 14116, 14120, 14121, 14122, 14161) which comes in contact with a front face (202a) as a circuit-formed face of the substrate so as to eliminate an amount of charge generated to the front face of the substrate.

40. A method for removing charge of charge appearance semiconductor substrates which is carried out by a bump forming apparatus, the method comprising:

forming bumps to electrodes formed in a circuit on the substrate which generates electric charge in consequence of a temperature change with the substrate heated to a bump bonding temperature necessary for forming the bumps; and  
after the bump-forming, when the substrate is cooled with use of a cooling device (170) arranged in a non-contact state to the substrate for heating the substrate thereby adjusting a decrease in temperature of the substrate, executing a decrease in temperature control for eliminating electric charge generated as a result of the decrease in temperature in cooling the substrate to the cooling device.

41. The charge removal method for charge appearance semiconductor substrates according to claim 40, wherein the decrease in temperature control alternately repeats a decrease in temperature, and a temperature rise by a temperature width smaller than a decrease in temperature width of the decrease in temperature.

42. A charge removing unit for charge appearance semiconductor substrates, which comprises:

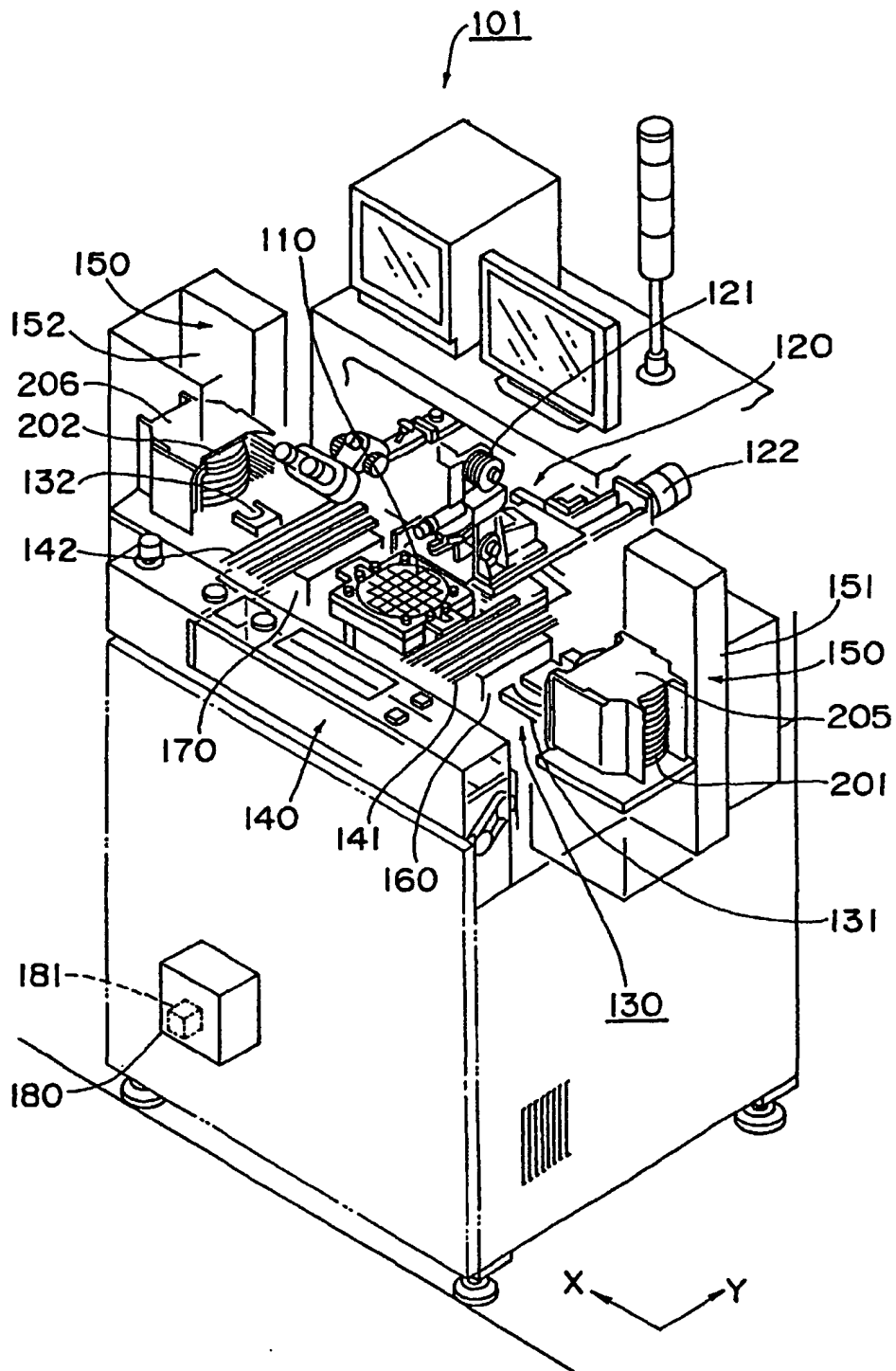
a controller (180) for executing a decrease in temperature control to eliminate electric charge generated as a result of a decrease in temperature in cooling after heating the charge appearance semiconductor substrate which generates electric charge in consequence of a tem-

perature change; and  
a heating and cooling apparatus (110, 160, 170) for heating the substrate in a non-contact state to the substrate and cooling the substrate in accordance with the decrease in temperature control by the controller after the cooling.

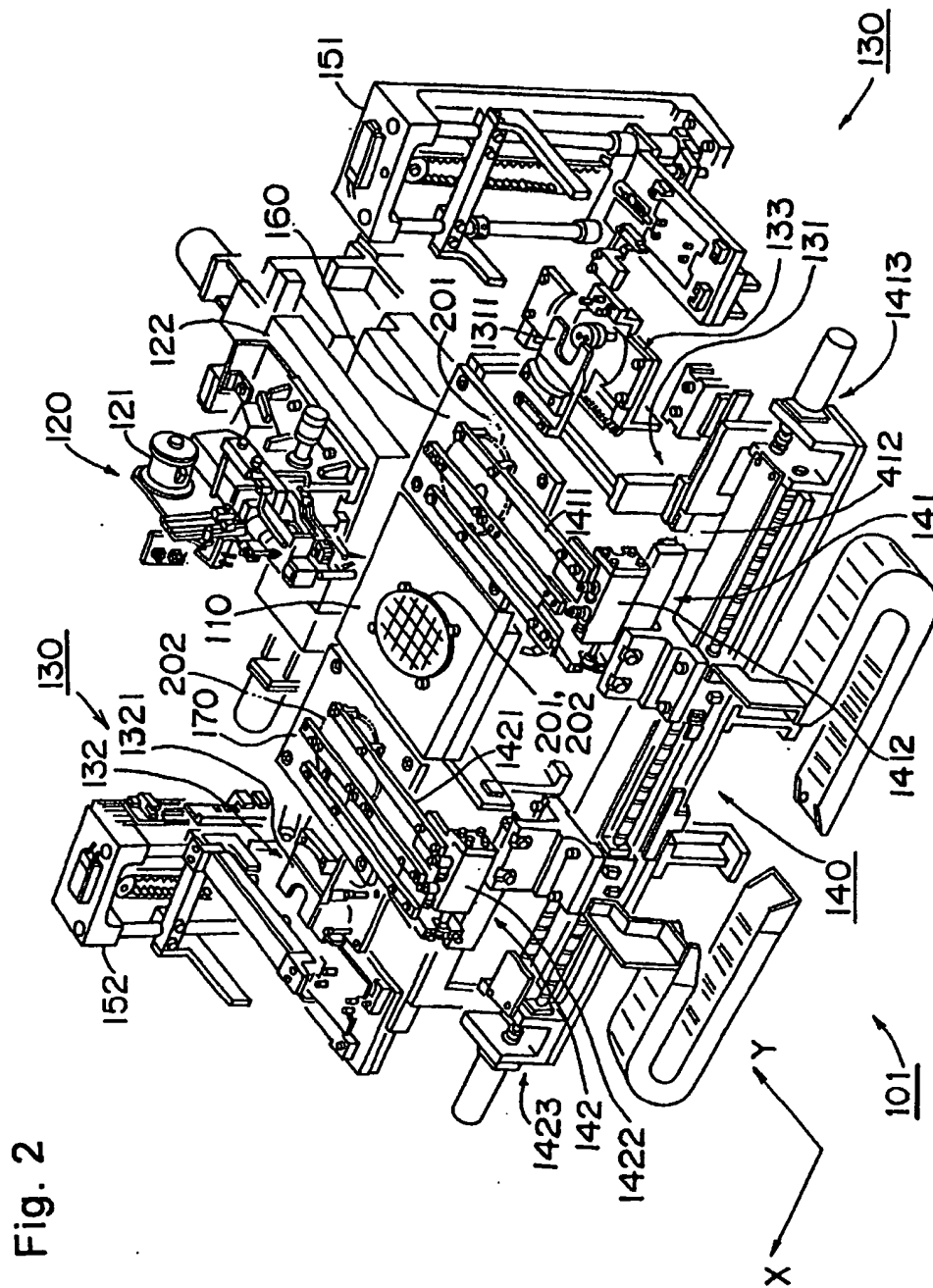
43. A charge appearance semiconductor substrate with electric charge eliminated by the charge removal method for charge appearance semiconductor substrates according to claim 40.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Fig: 1**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Fig. 2**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 3

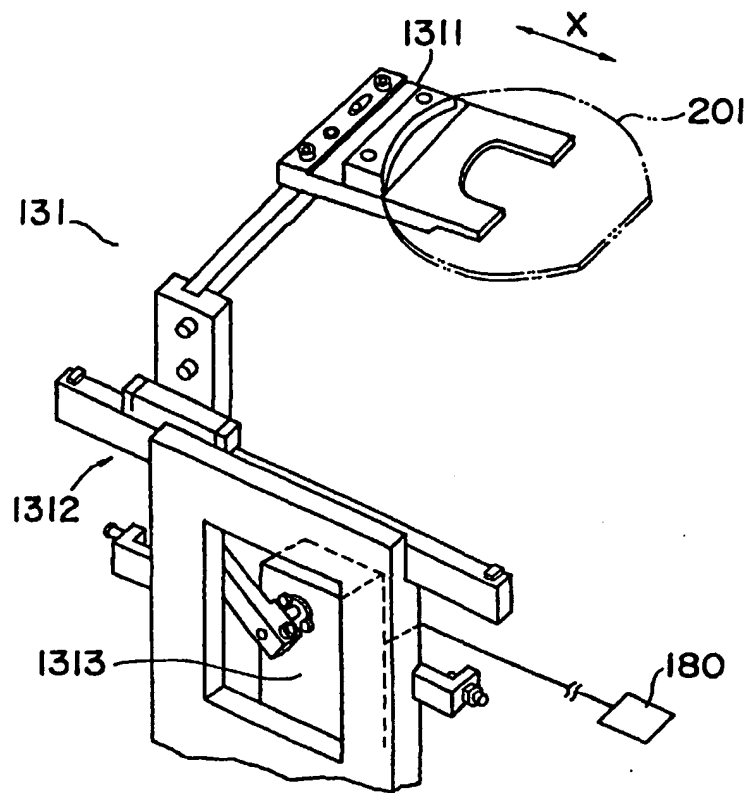
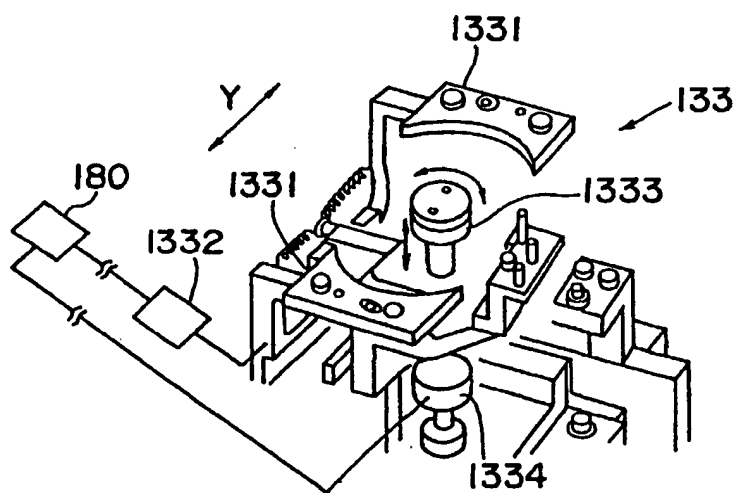
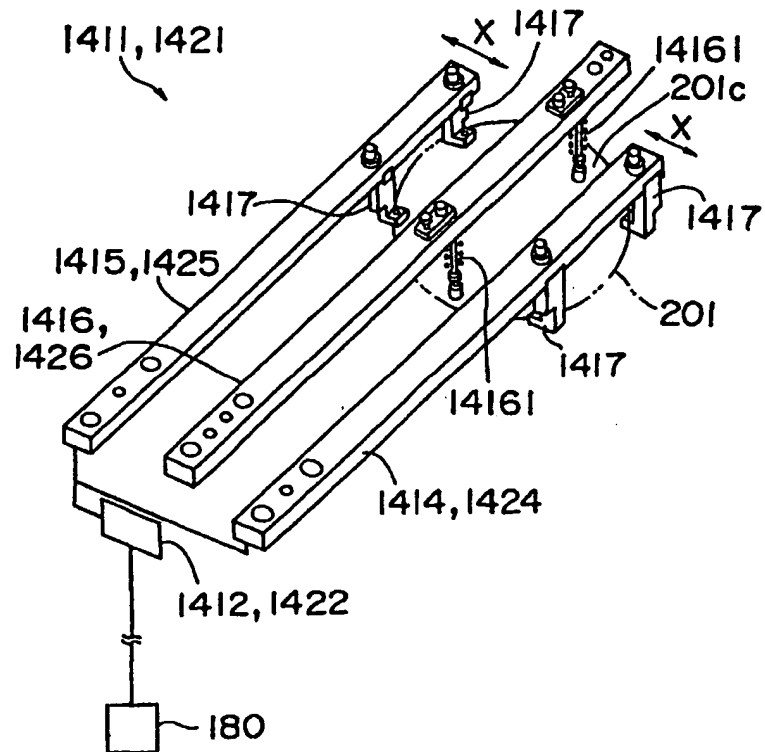


Fig. 4

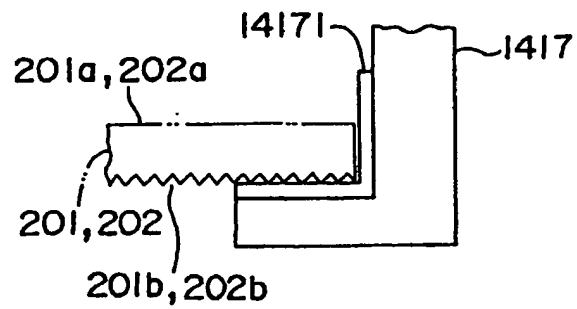


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Fig. 5**



**Fig. 6**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 7

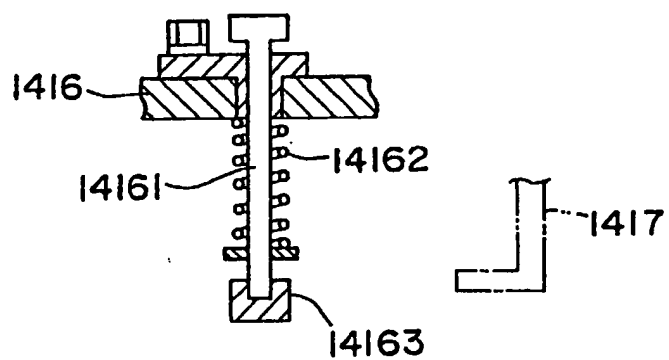
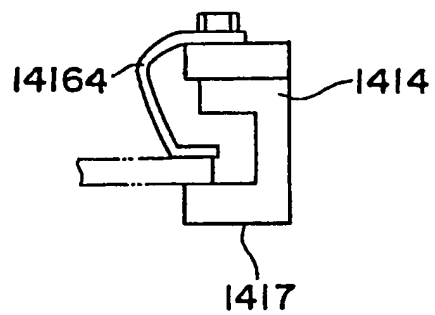


Fig. 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 9

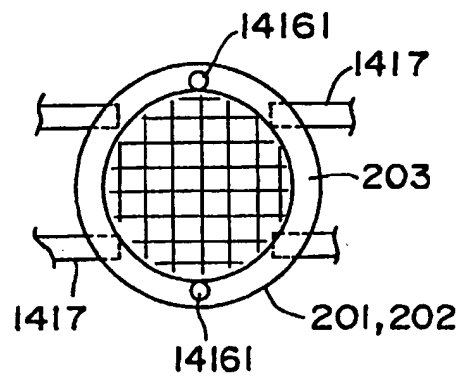
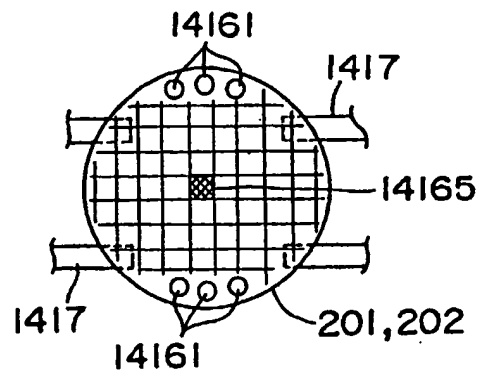


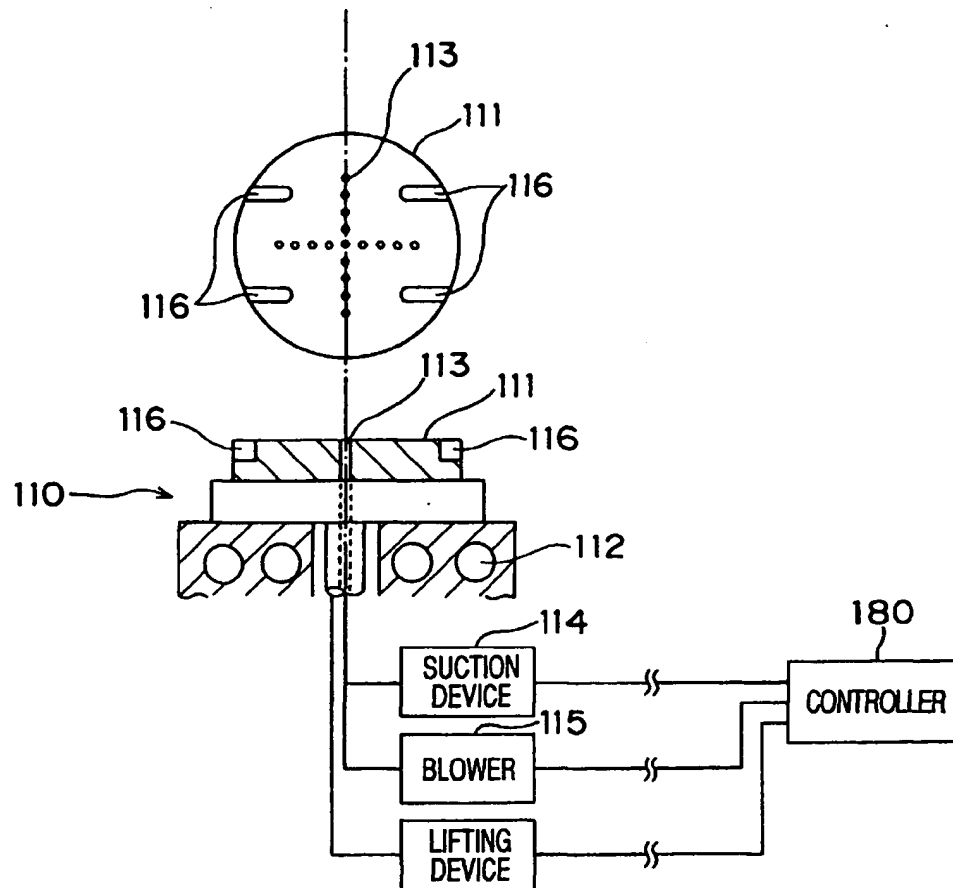
Fig. 10



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

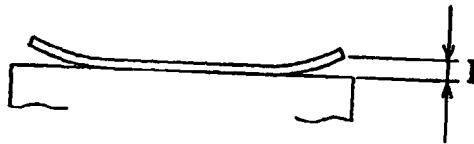


*Fig. 11*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 12



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 13

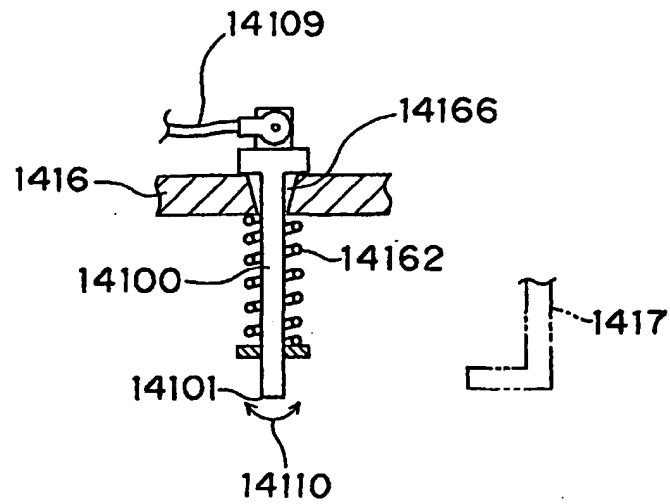
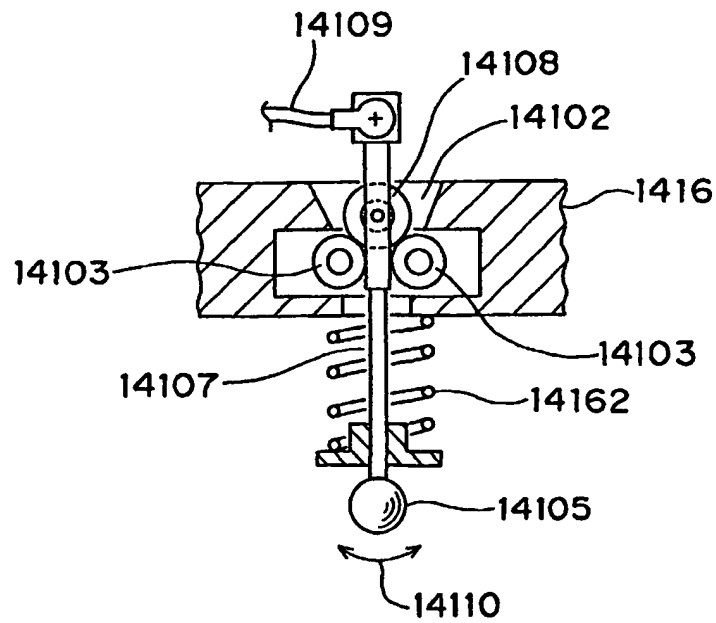


Fig. 14



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 15

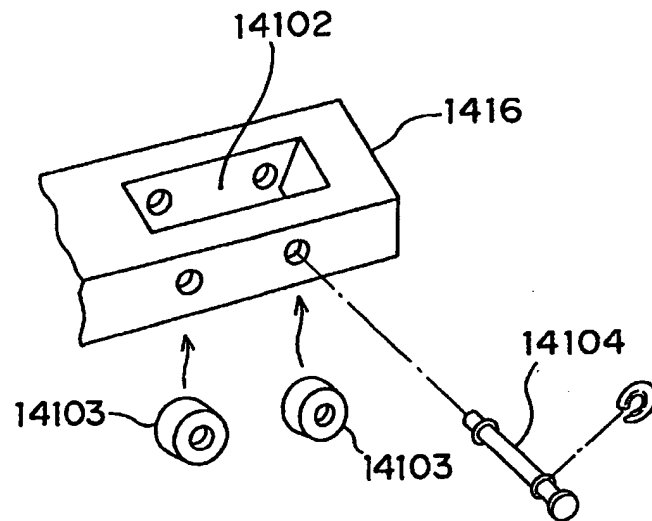
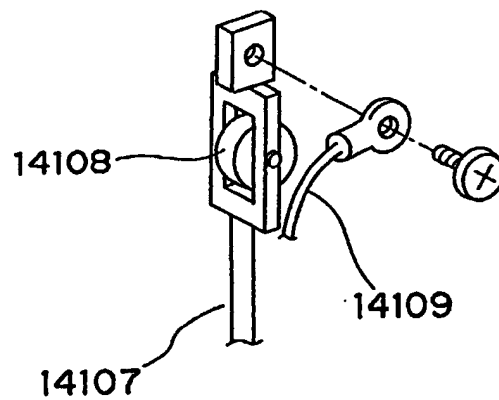


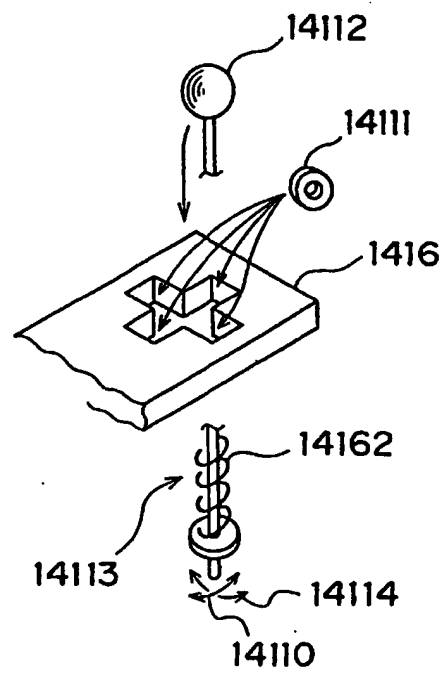
Fig. 16



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 17



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 18

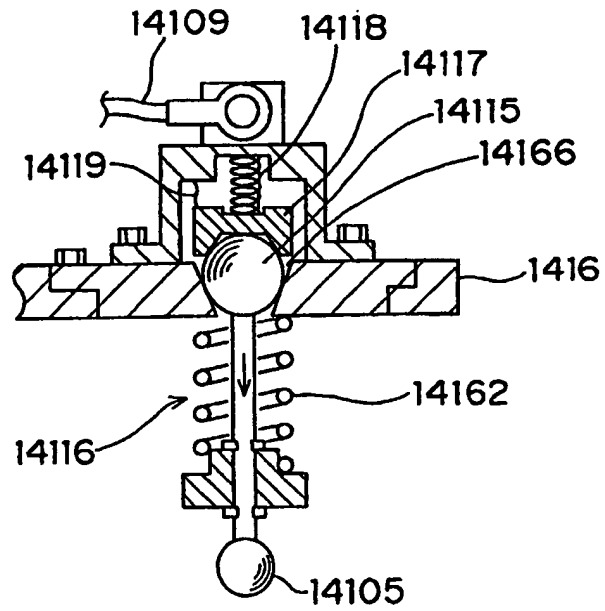
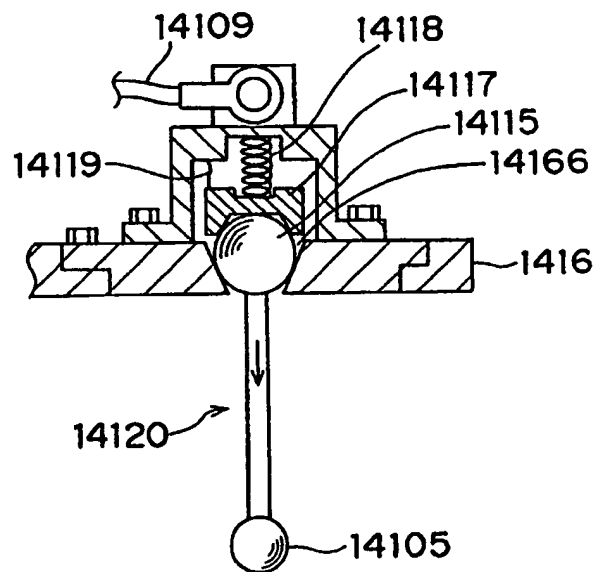


Fig. 19



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 20

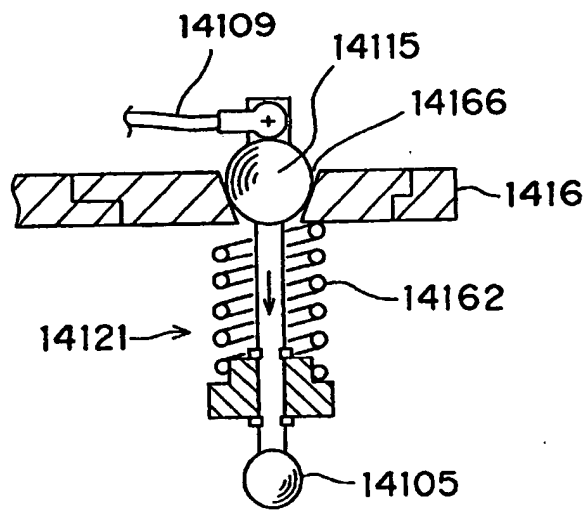
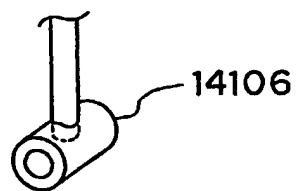
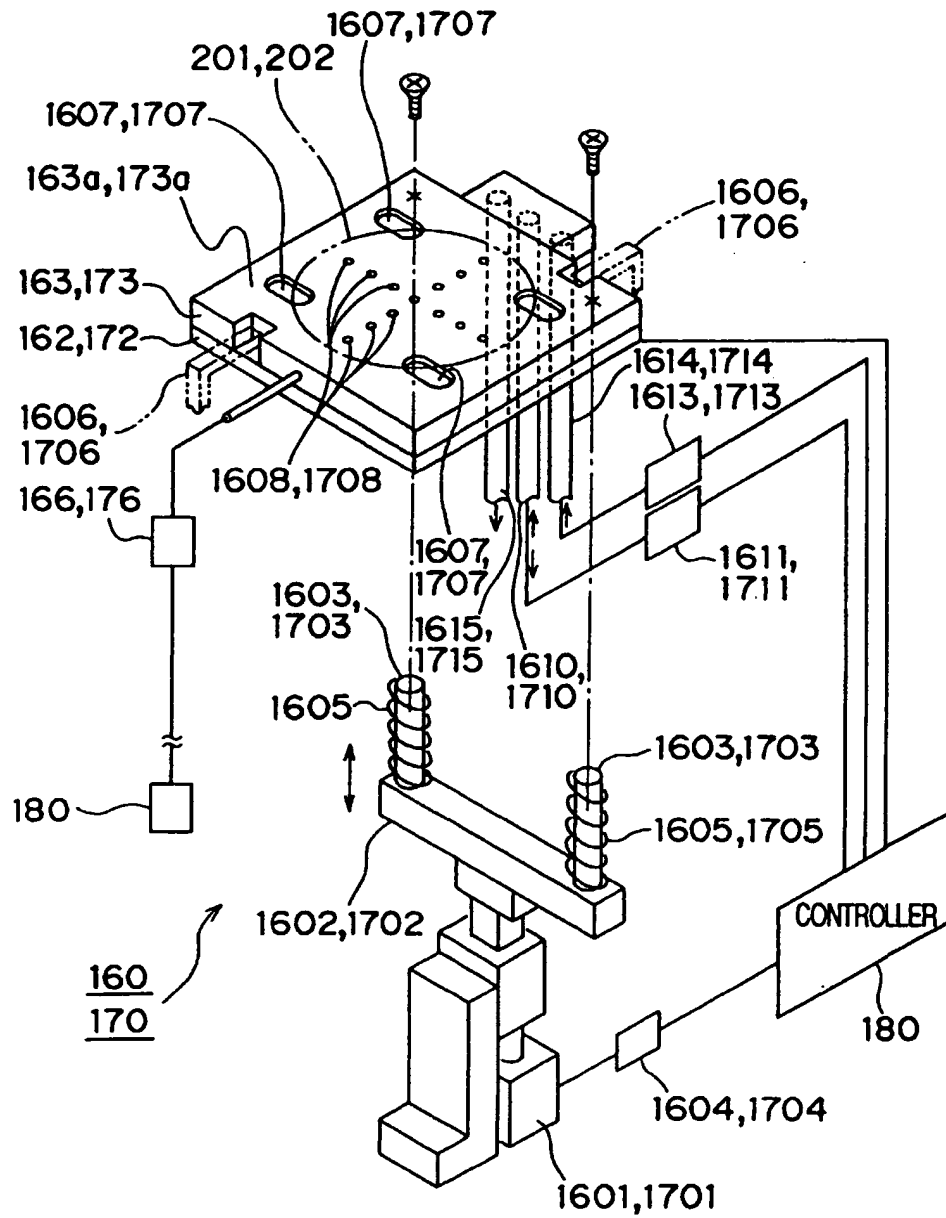


Fig. 21



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

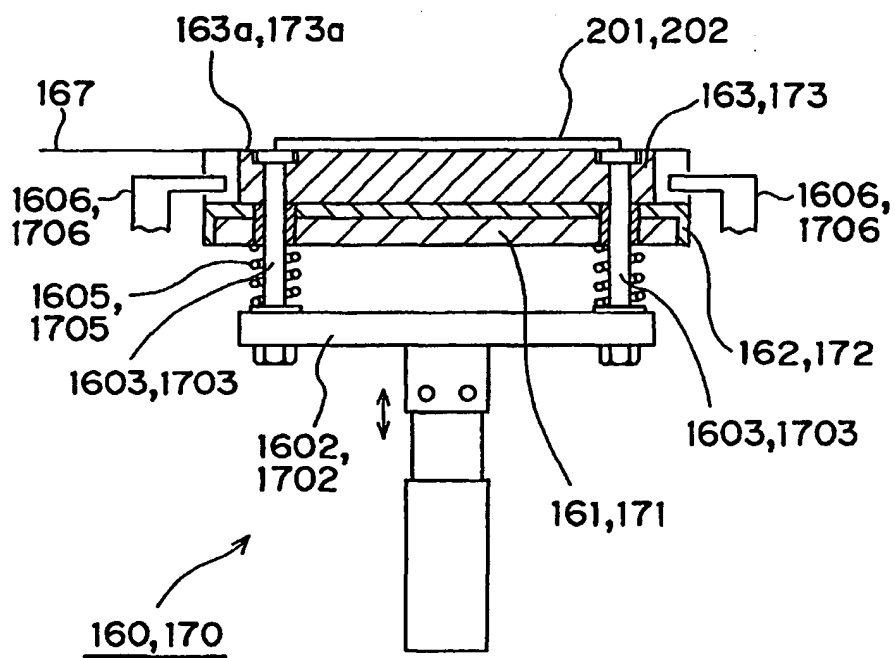
*Fig. 22*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

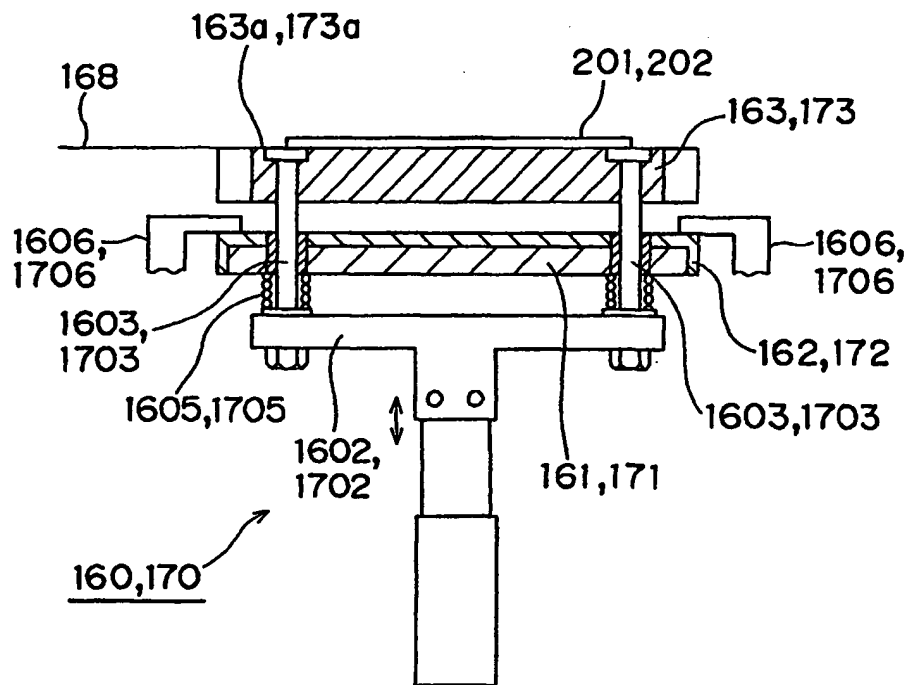


Fig. 23



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 24



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 25

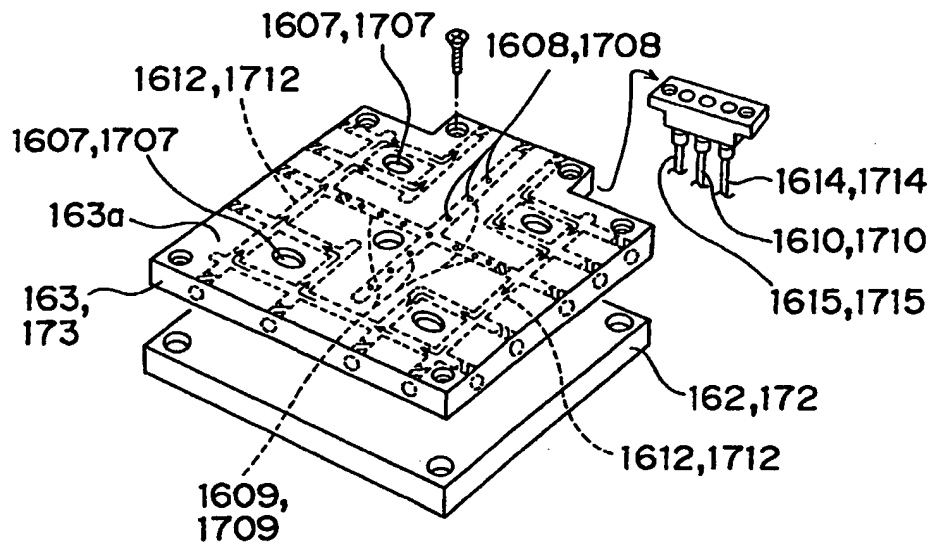
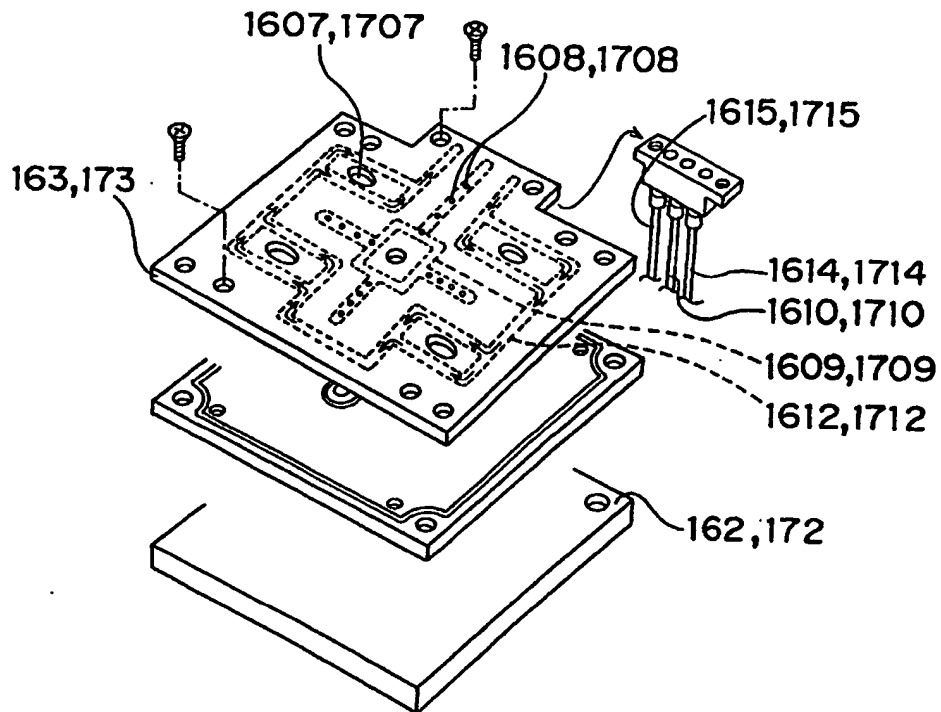
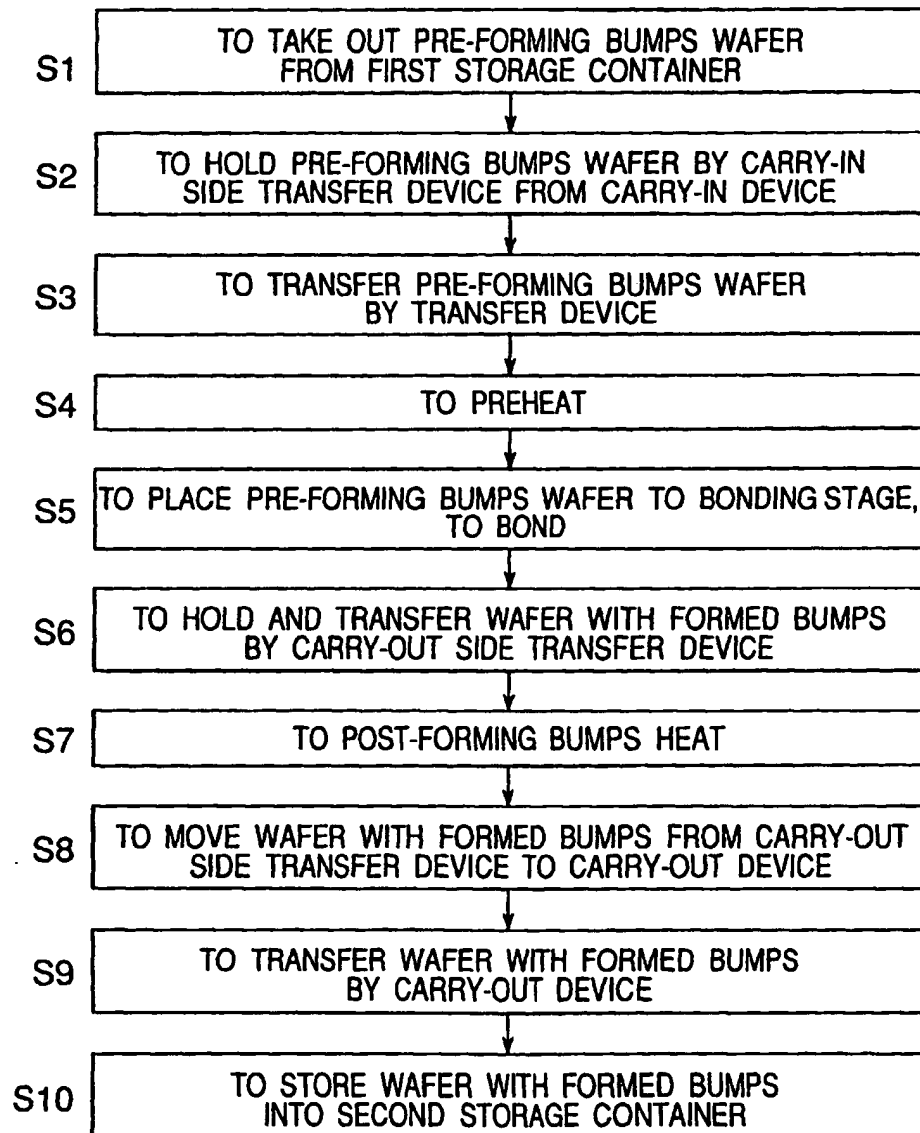


Fig. 26



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.27*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 28

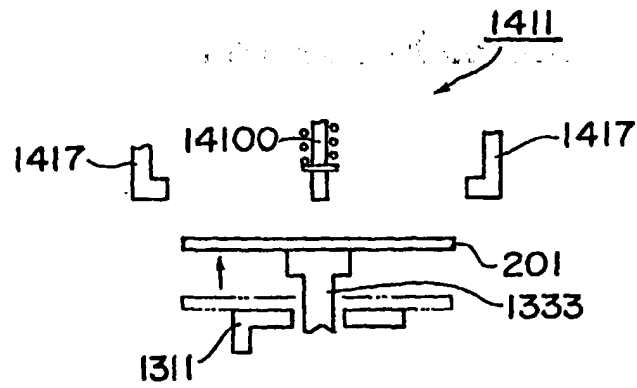
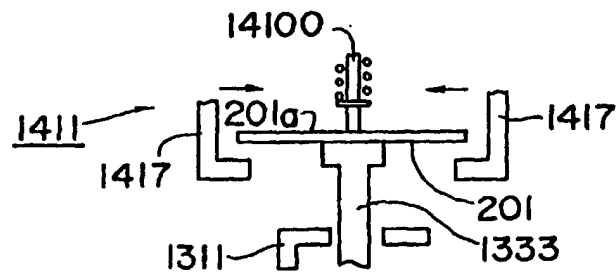


Fig. 29



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 30

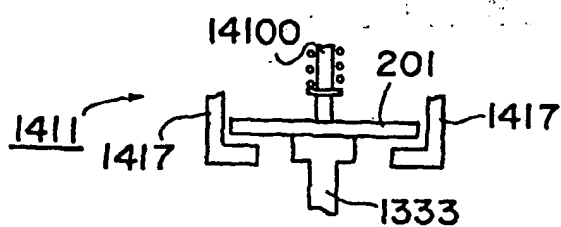
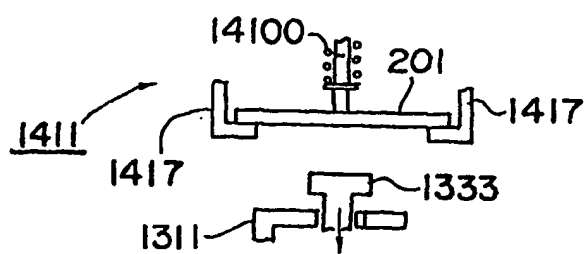
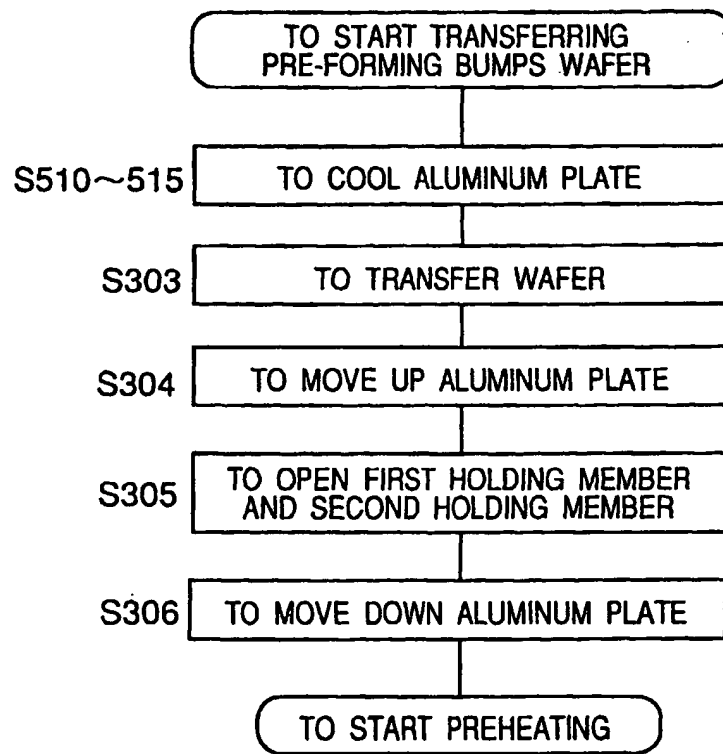


Fig. 31



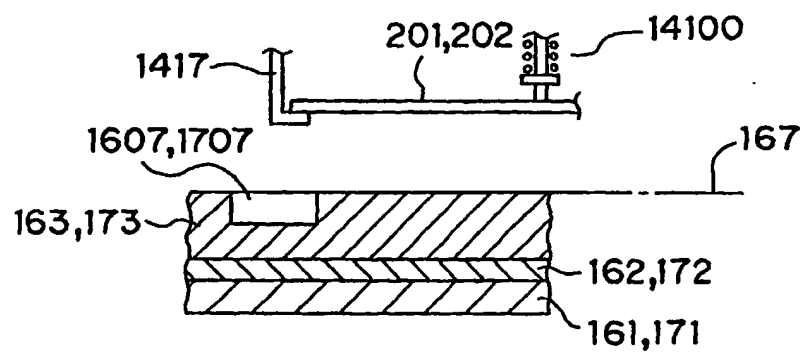
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.32*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 33



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 34

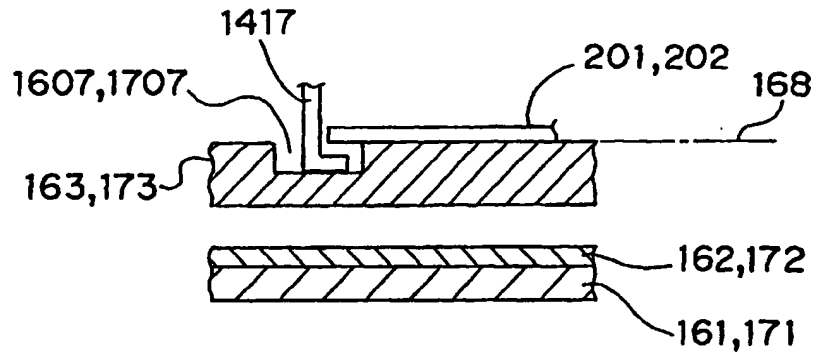


Fig. 35

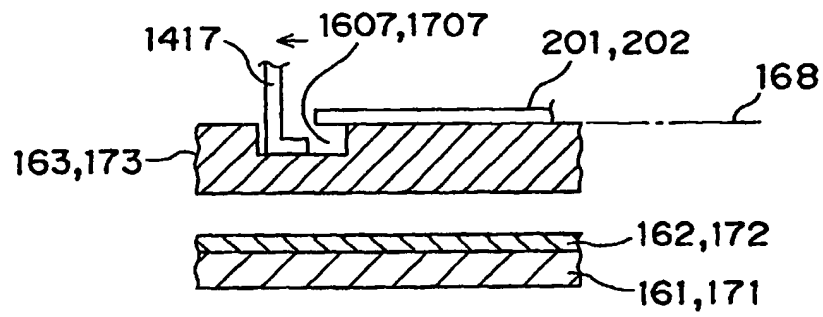
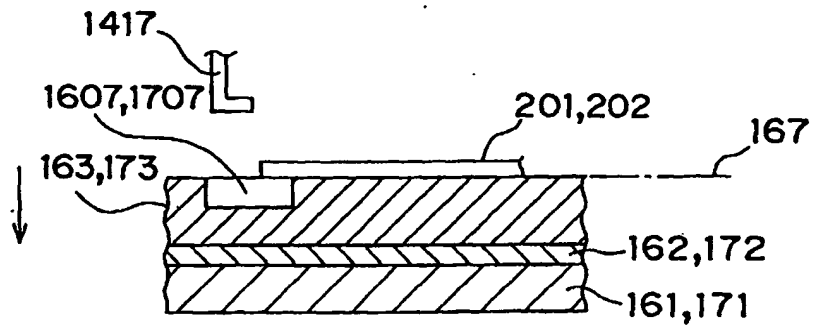
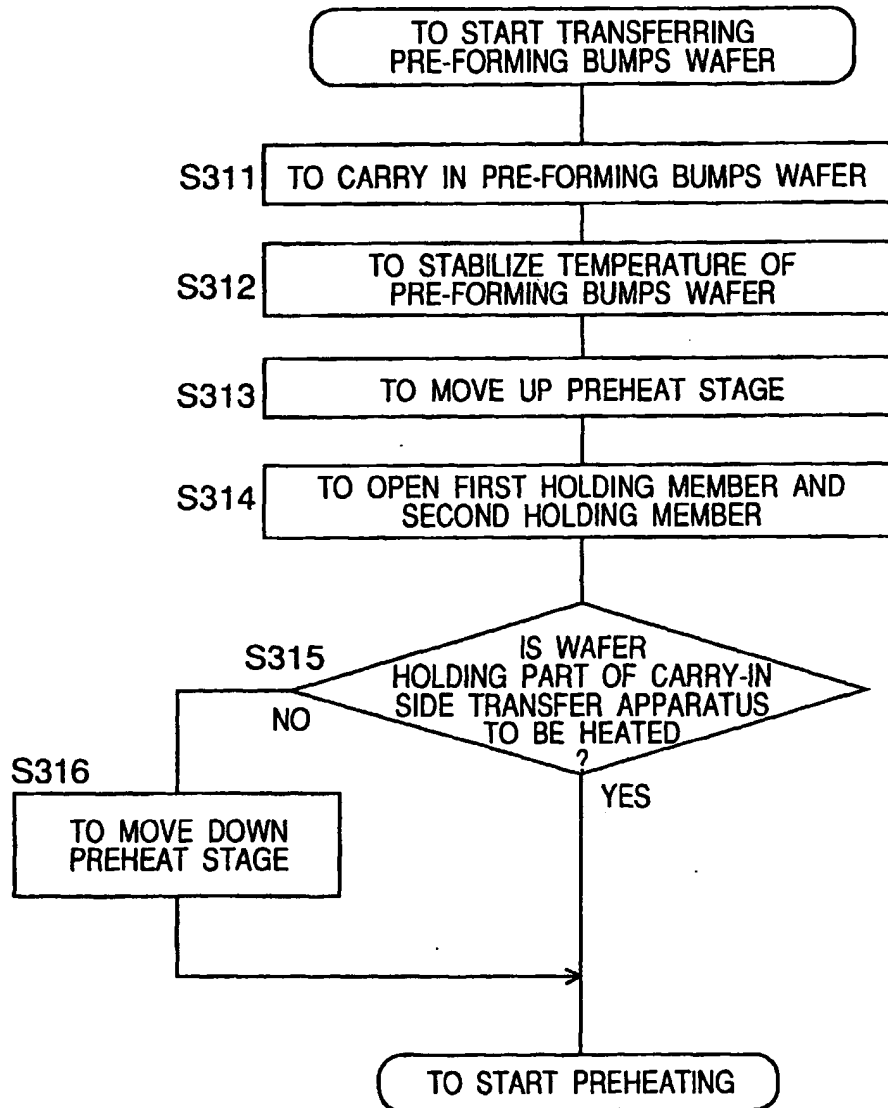


Fig. 36



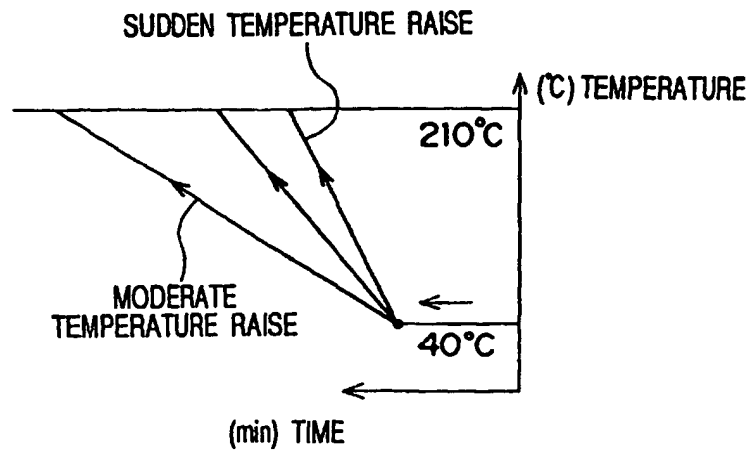
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig.37

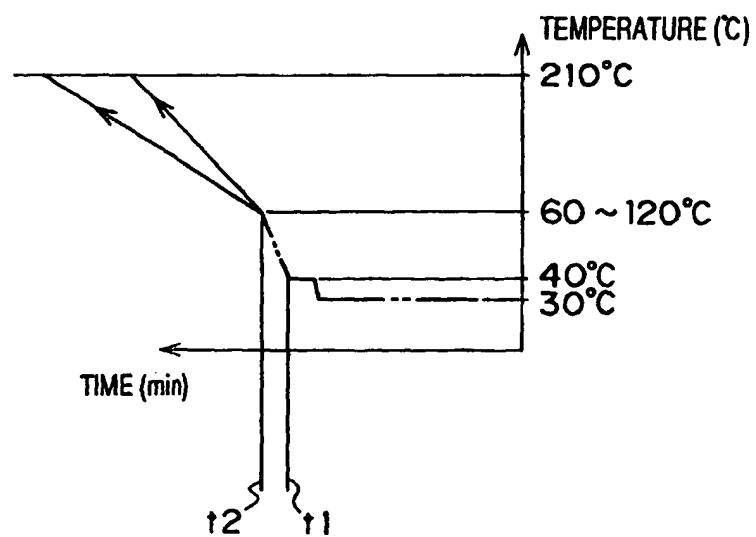


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig. 38*

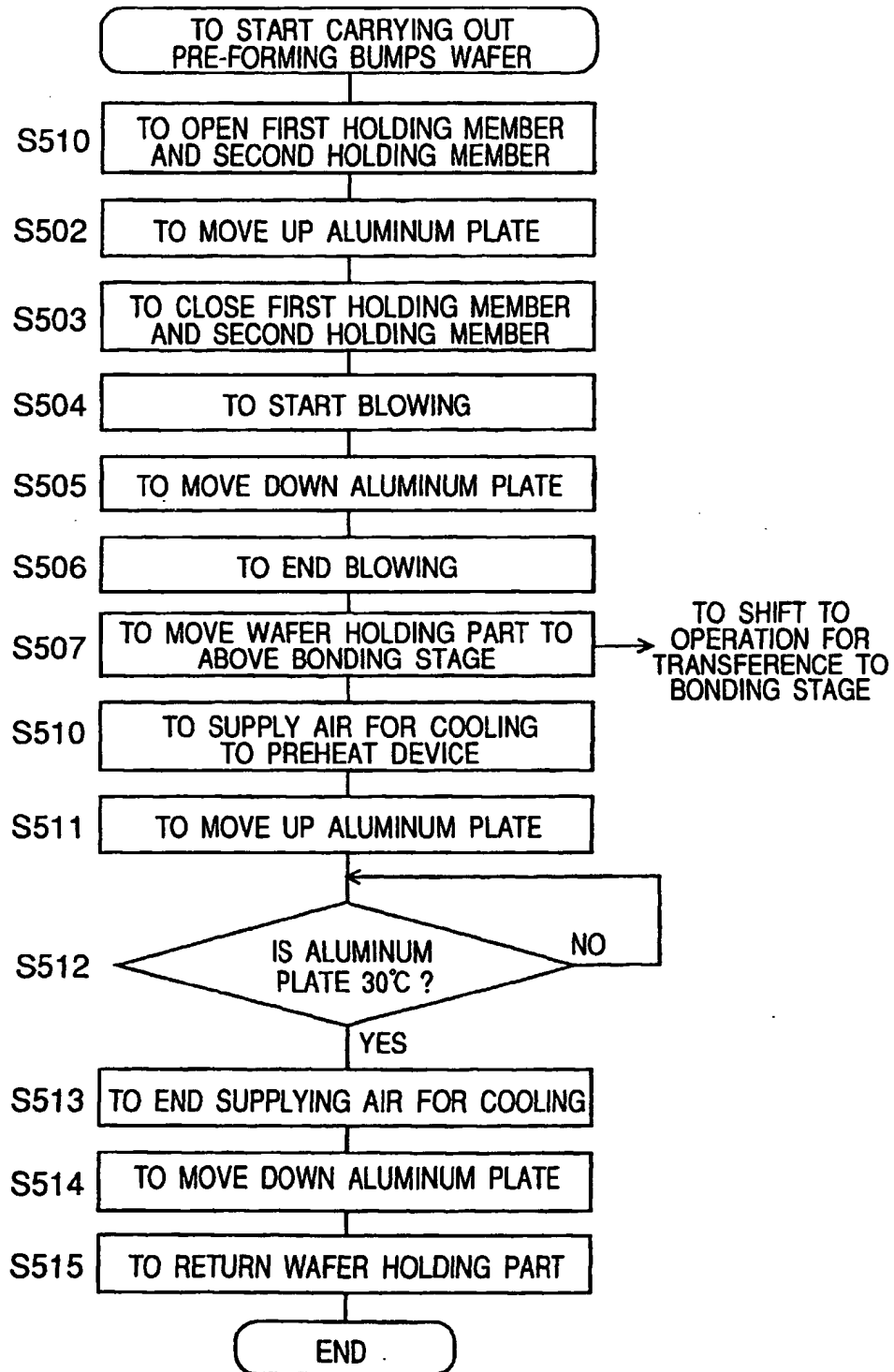


*Fig. 39*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

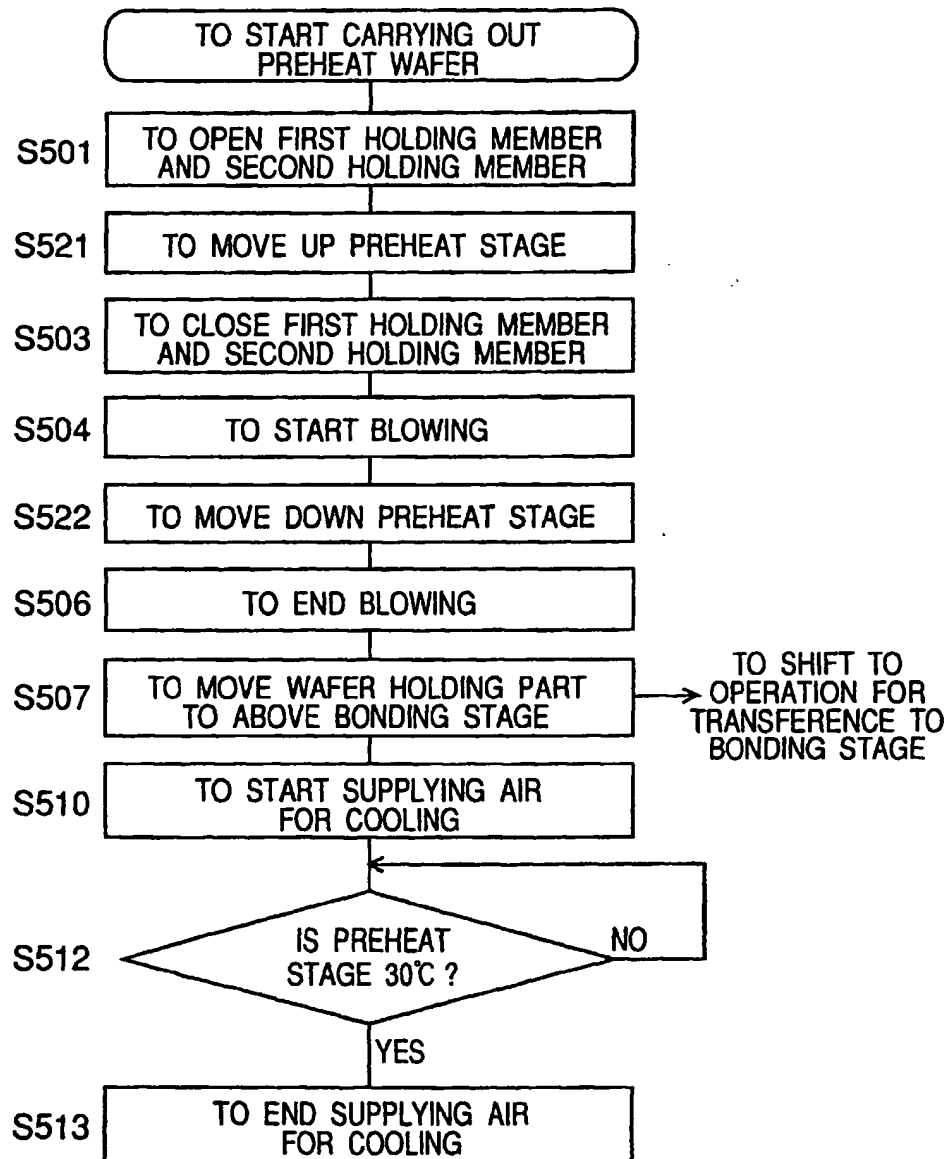
Fig.40



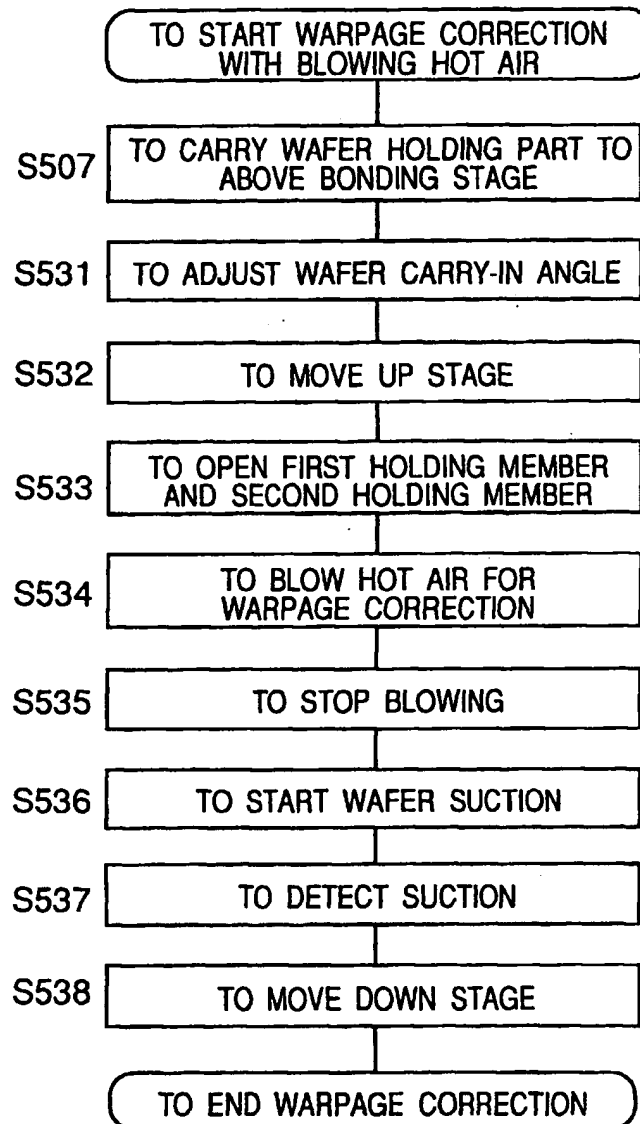
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



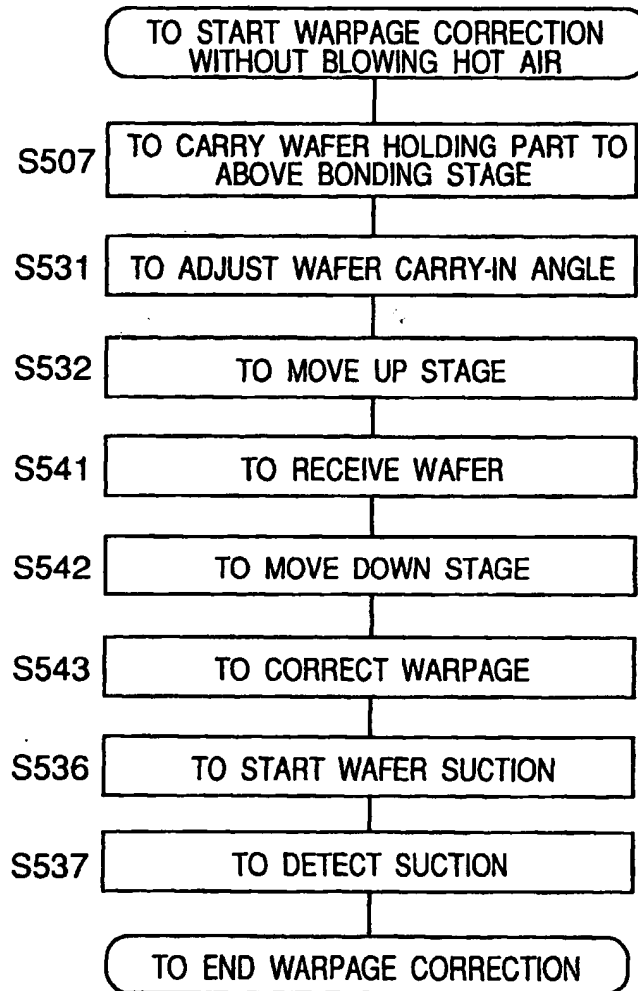
Fig.41



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

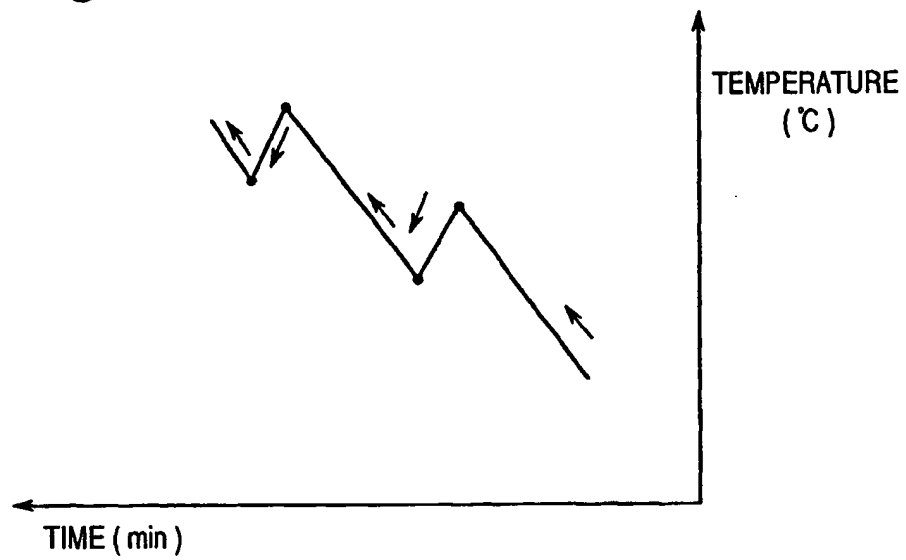
*Fig.42*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.43*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.44*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 45

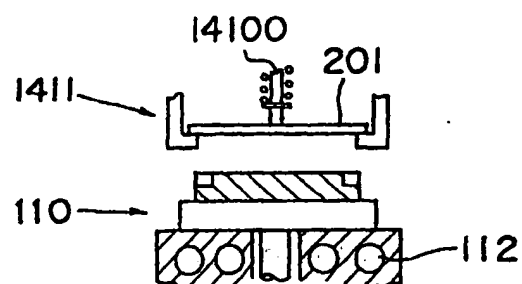
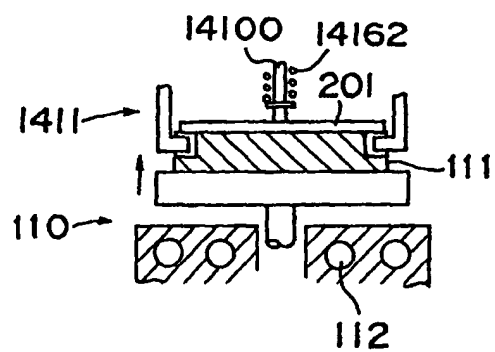


Fig. 46



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 47

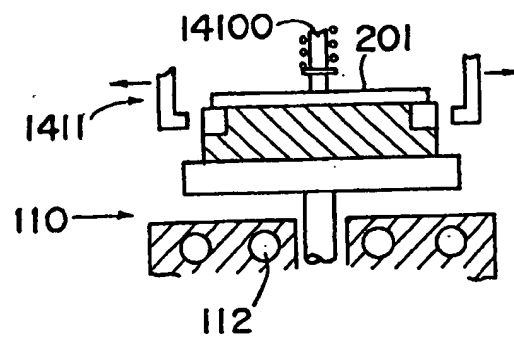
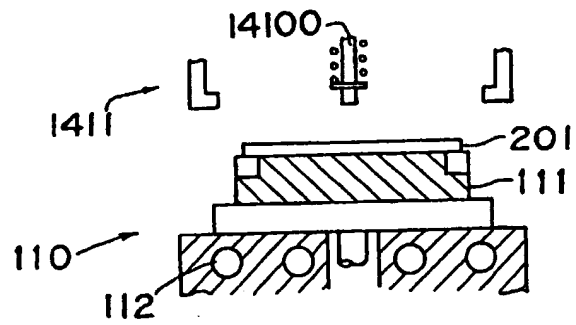
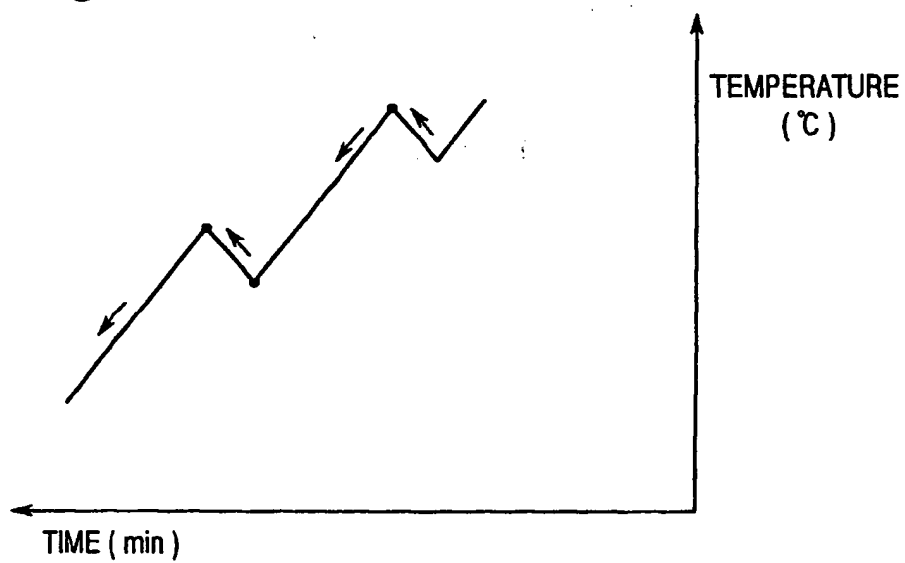


Fig. 48

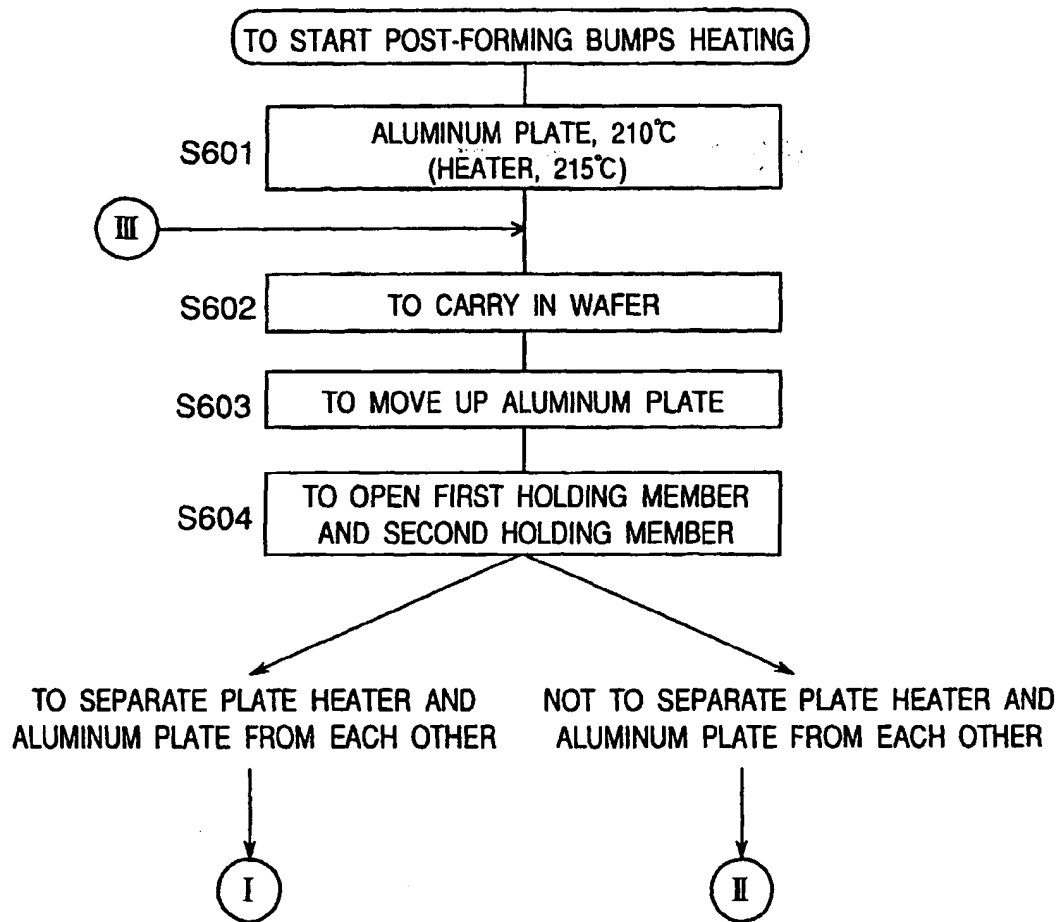


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.49*



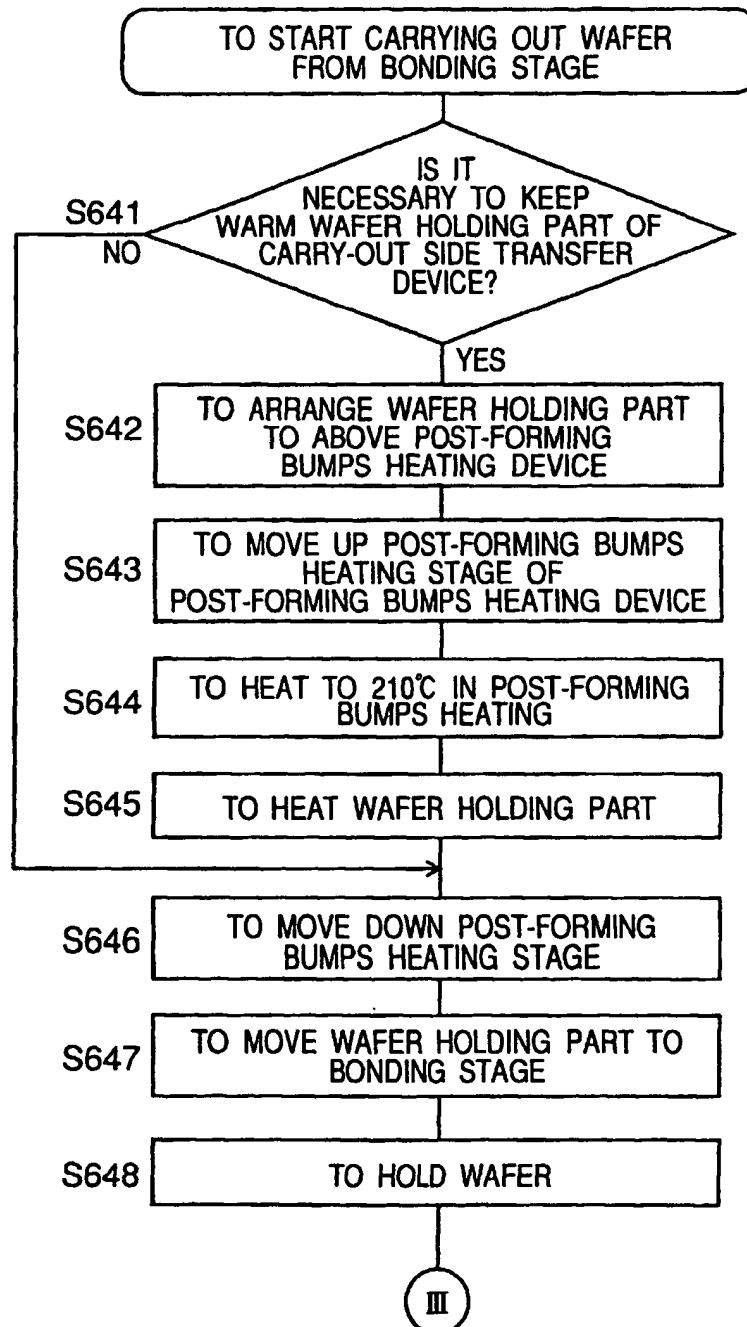
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.50*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

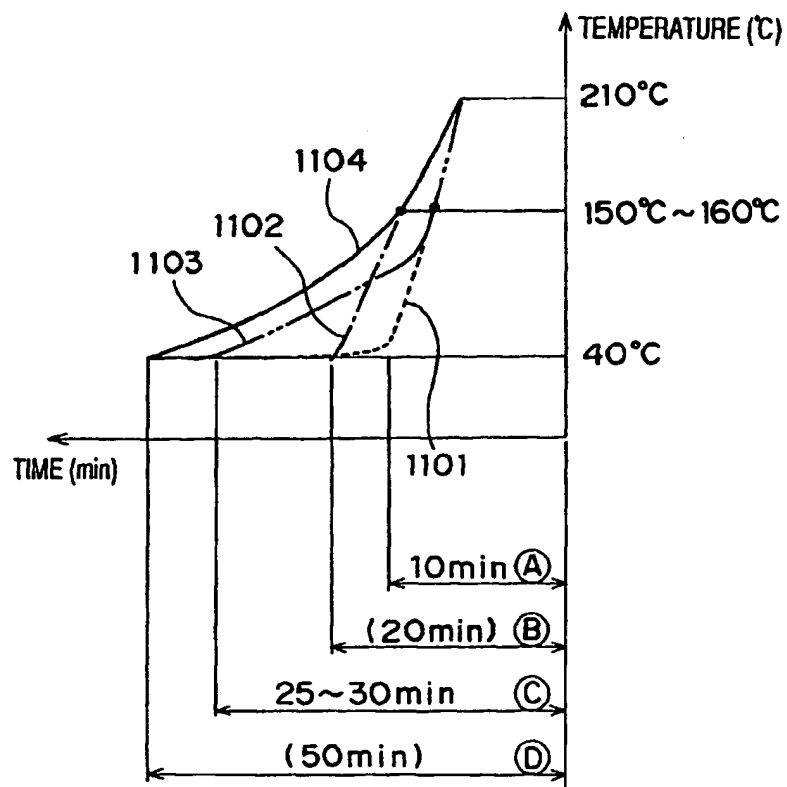


Fig.51

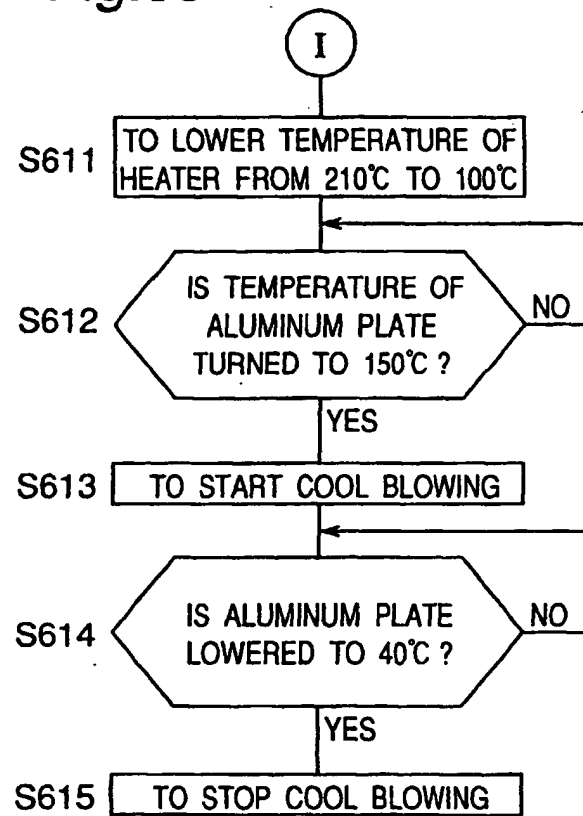


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 52

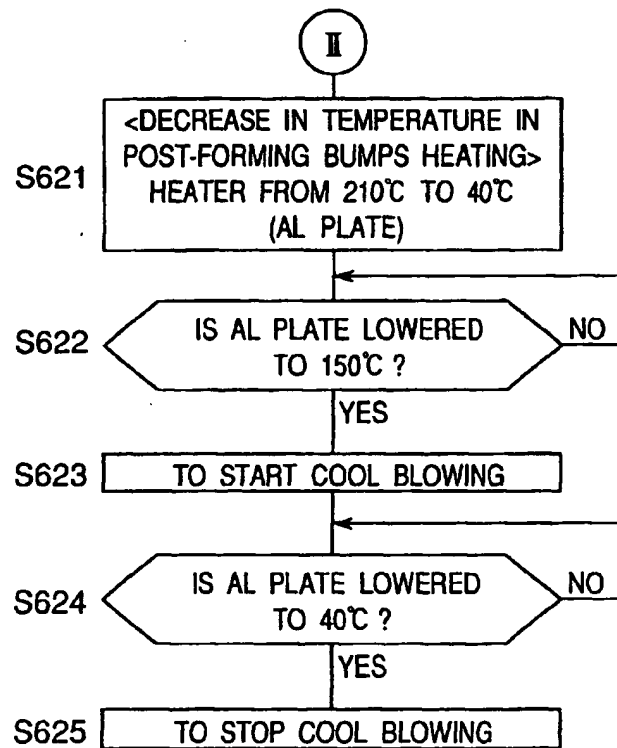


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.53*

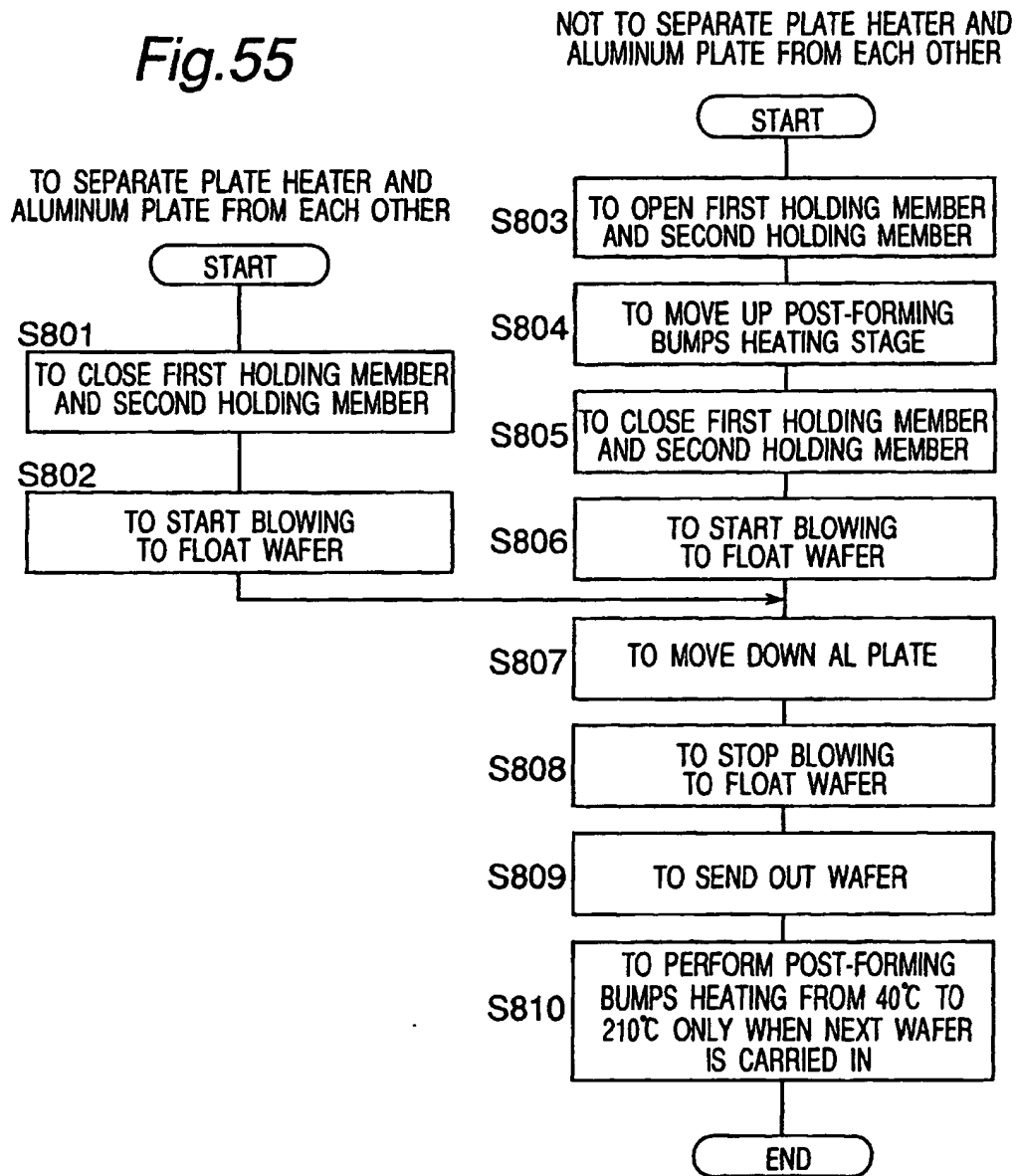
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig.54



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



*Fig.55*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 56

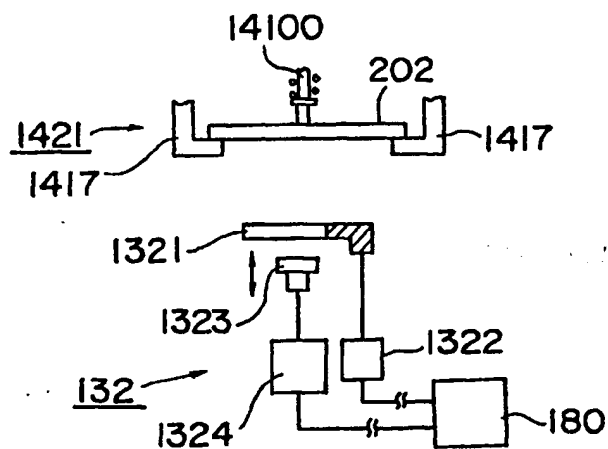


Fig. 57

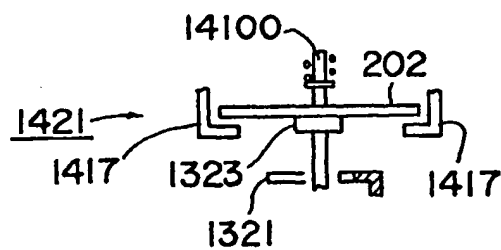
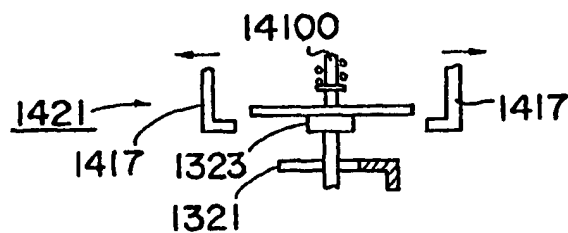


Fig. 58



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 59

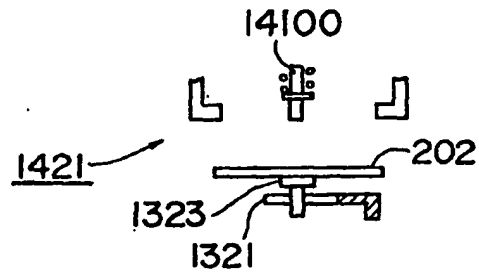


Fig. 60

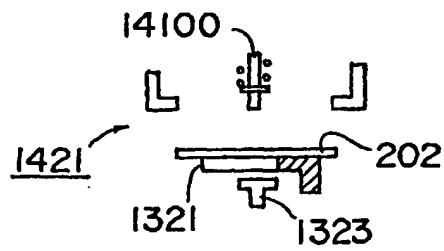
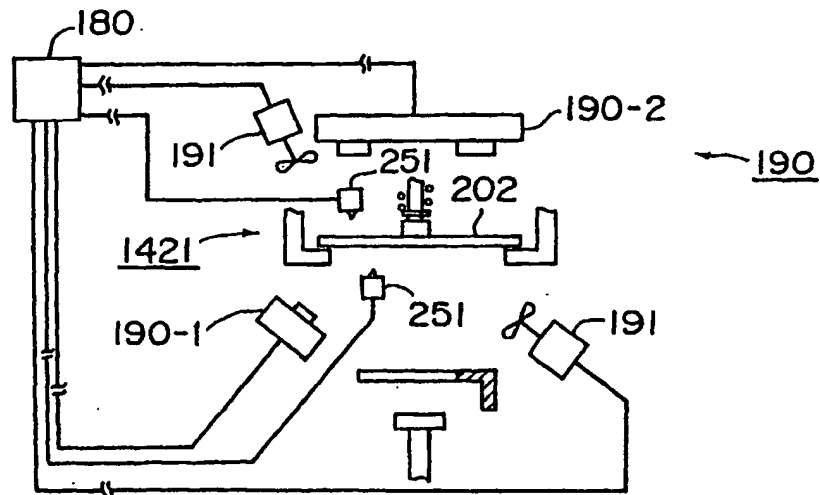


Fig. 61

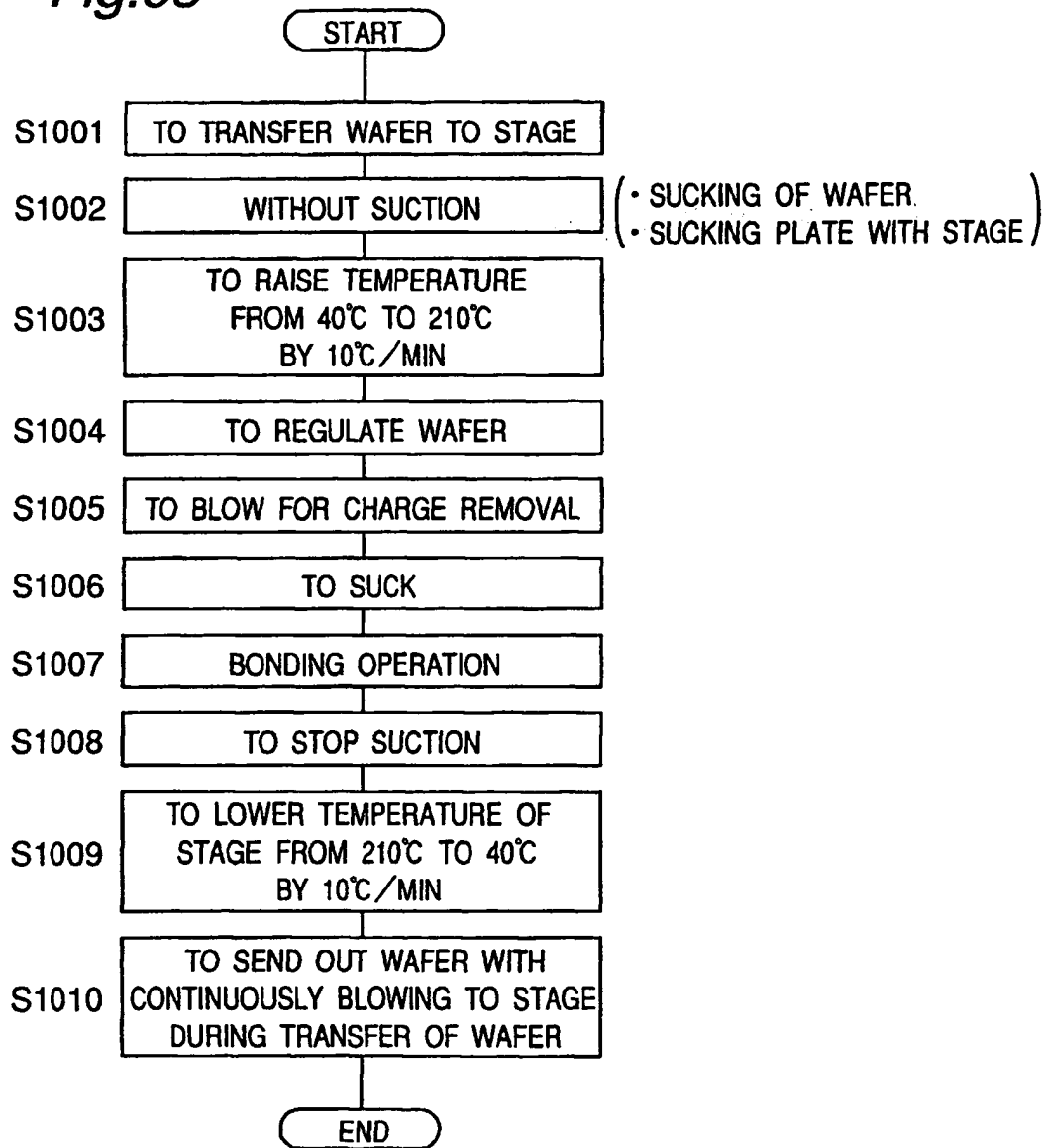


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



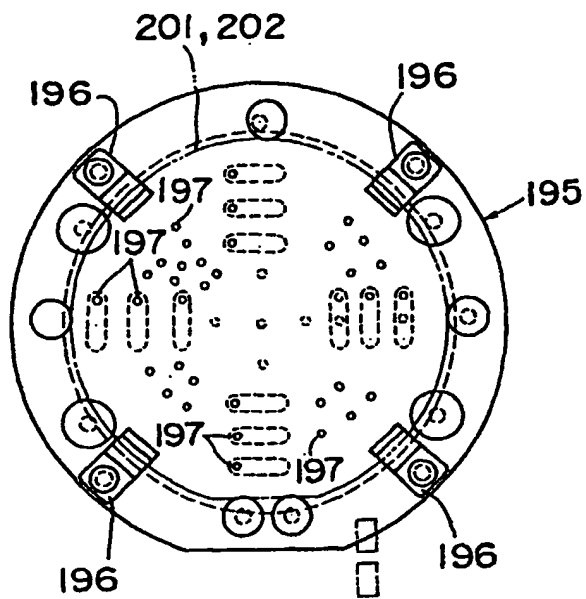
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



*Fig.63*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 64



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 65

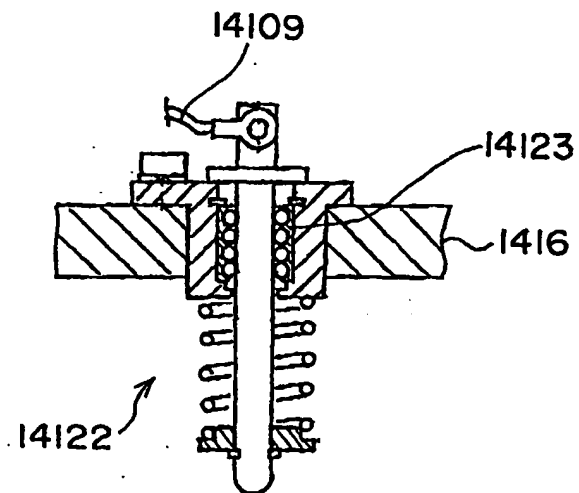
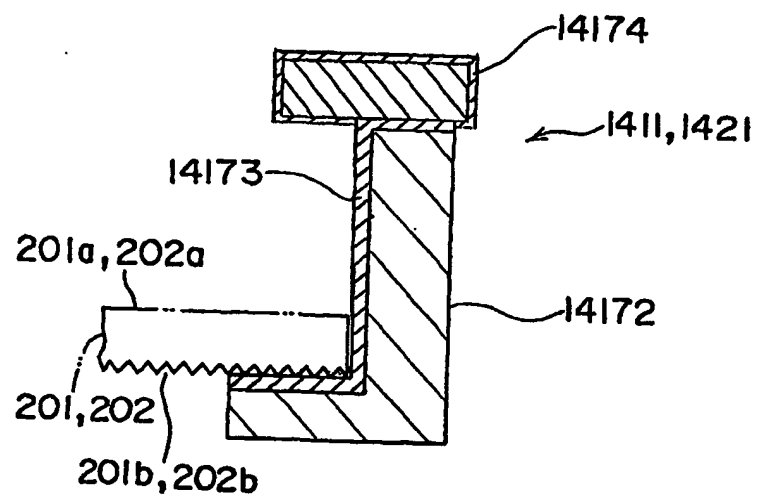
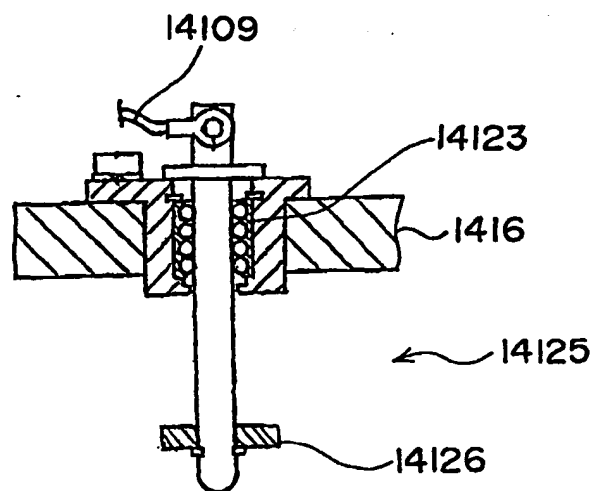


Fig. 66



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

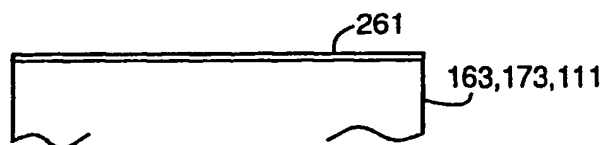
Fig. 67



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 68



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 69

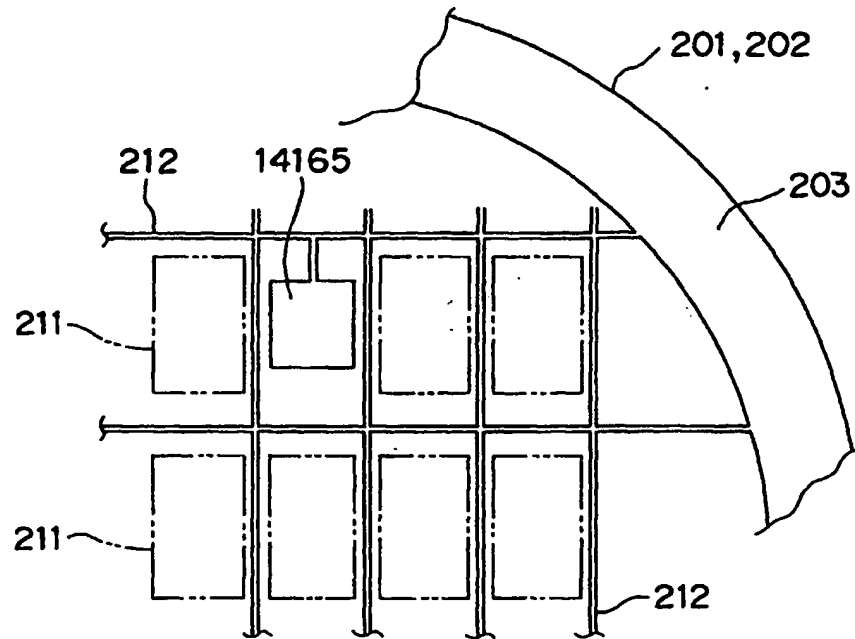
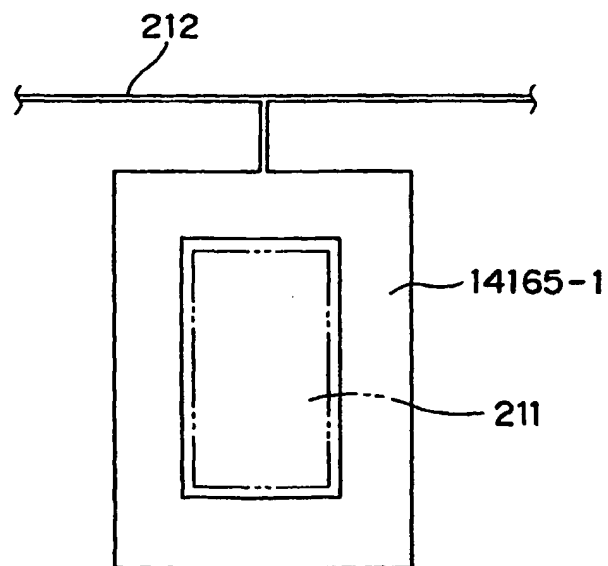
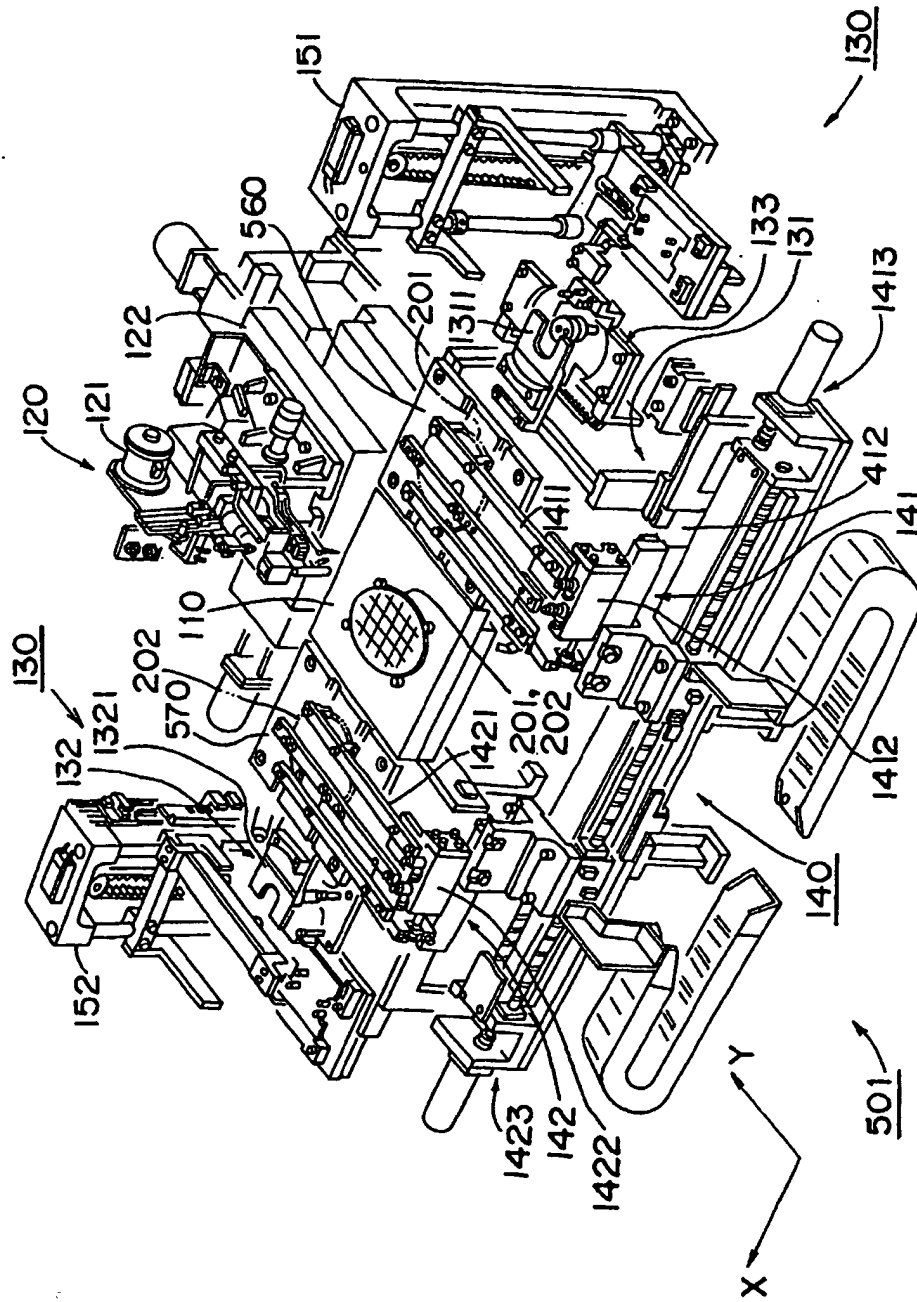


Fig. 70



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 71



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 72

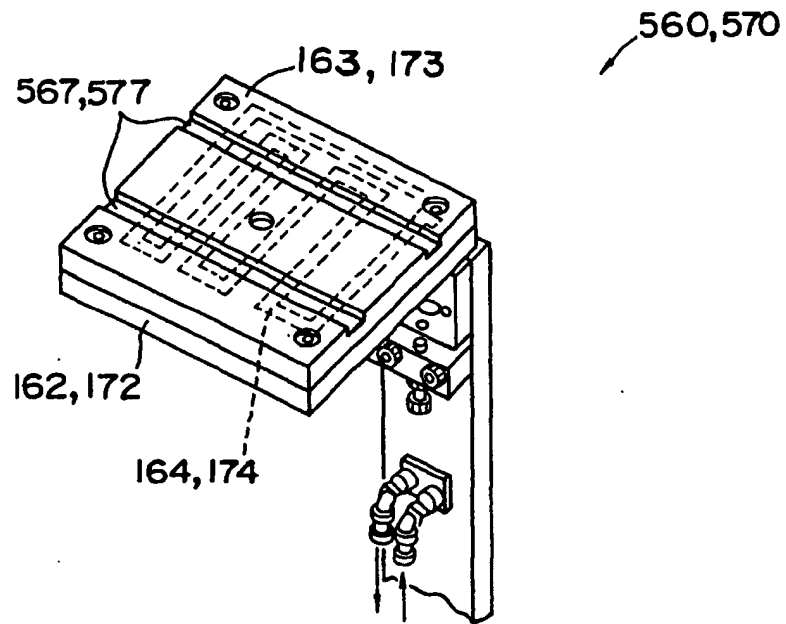
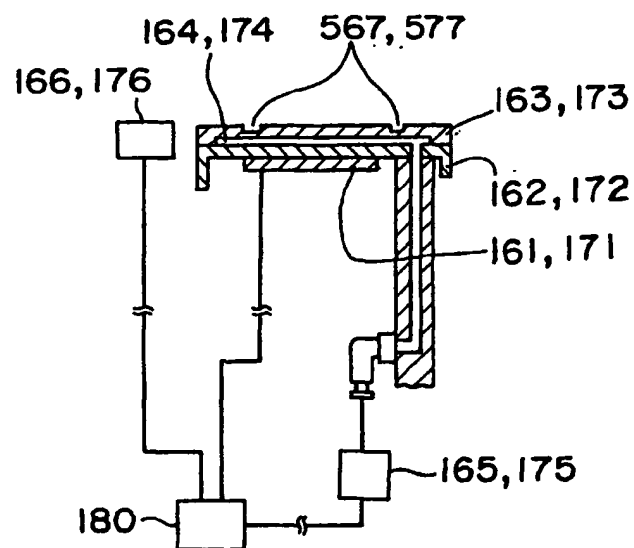


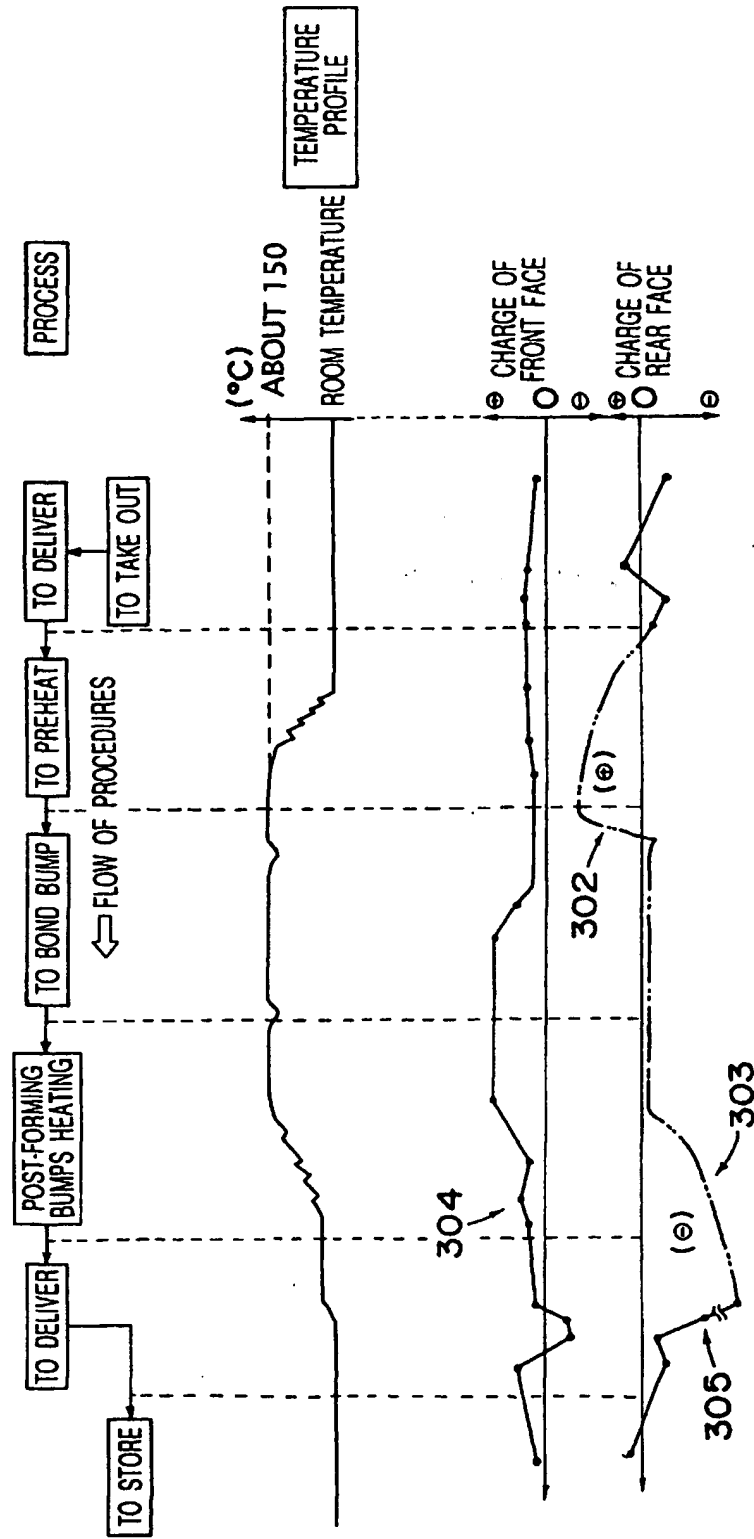
Fig. 73



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

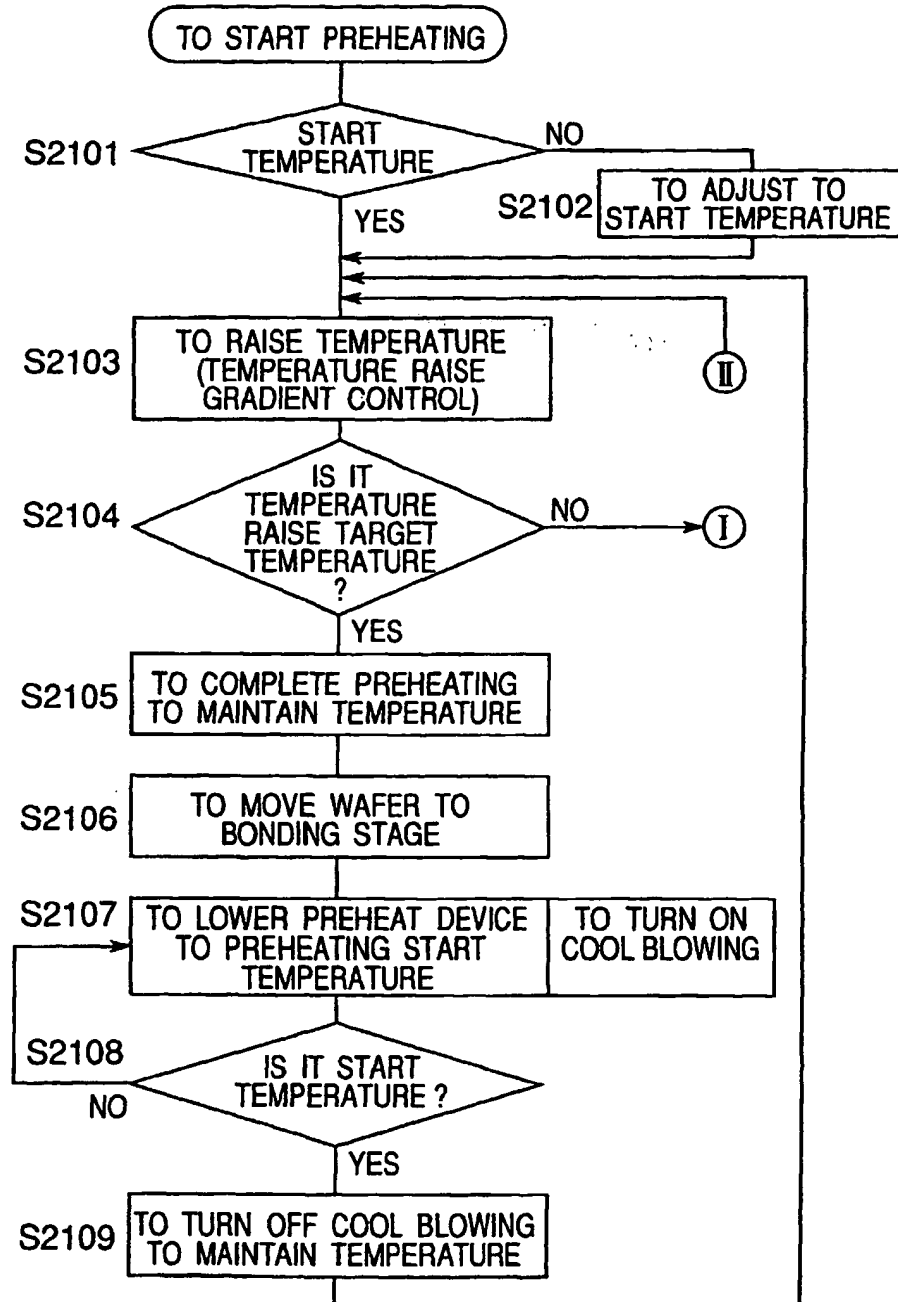


Fig. 74



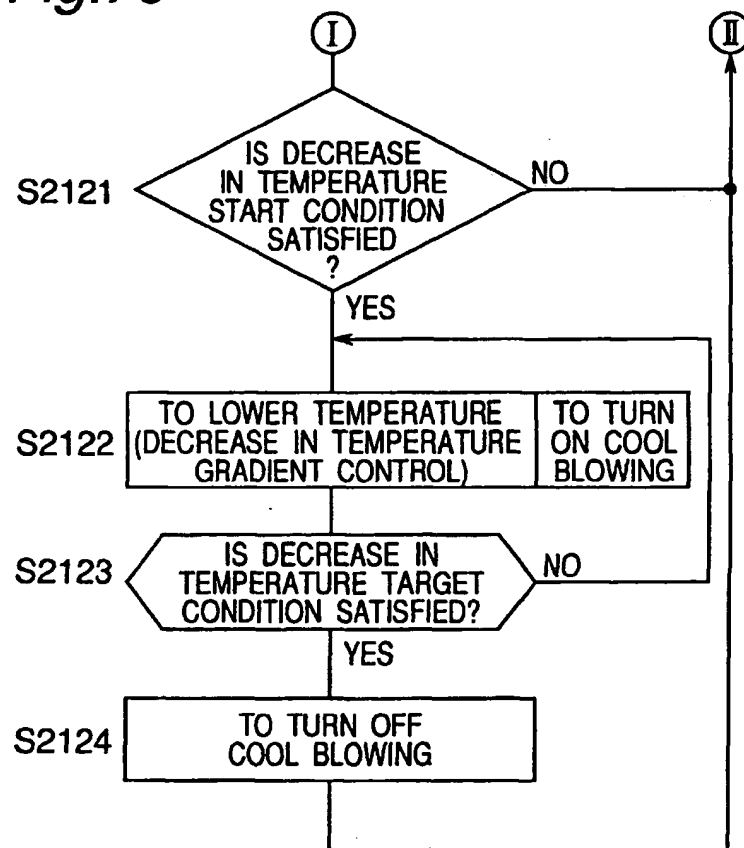
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig.75



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig.76



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 77

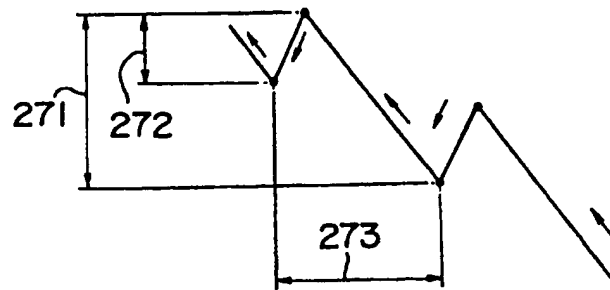
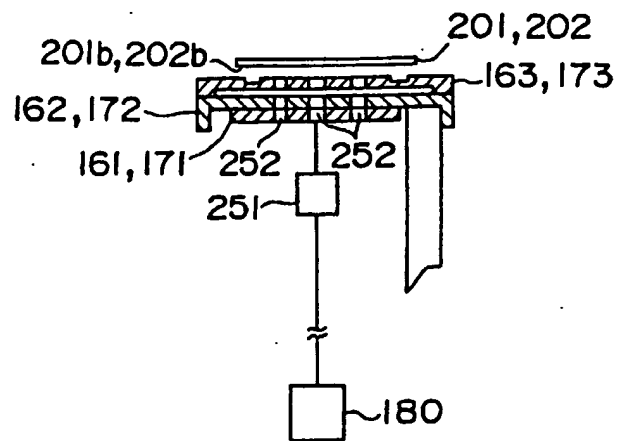


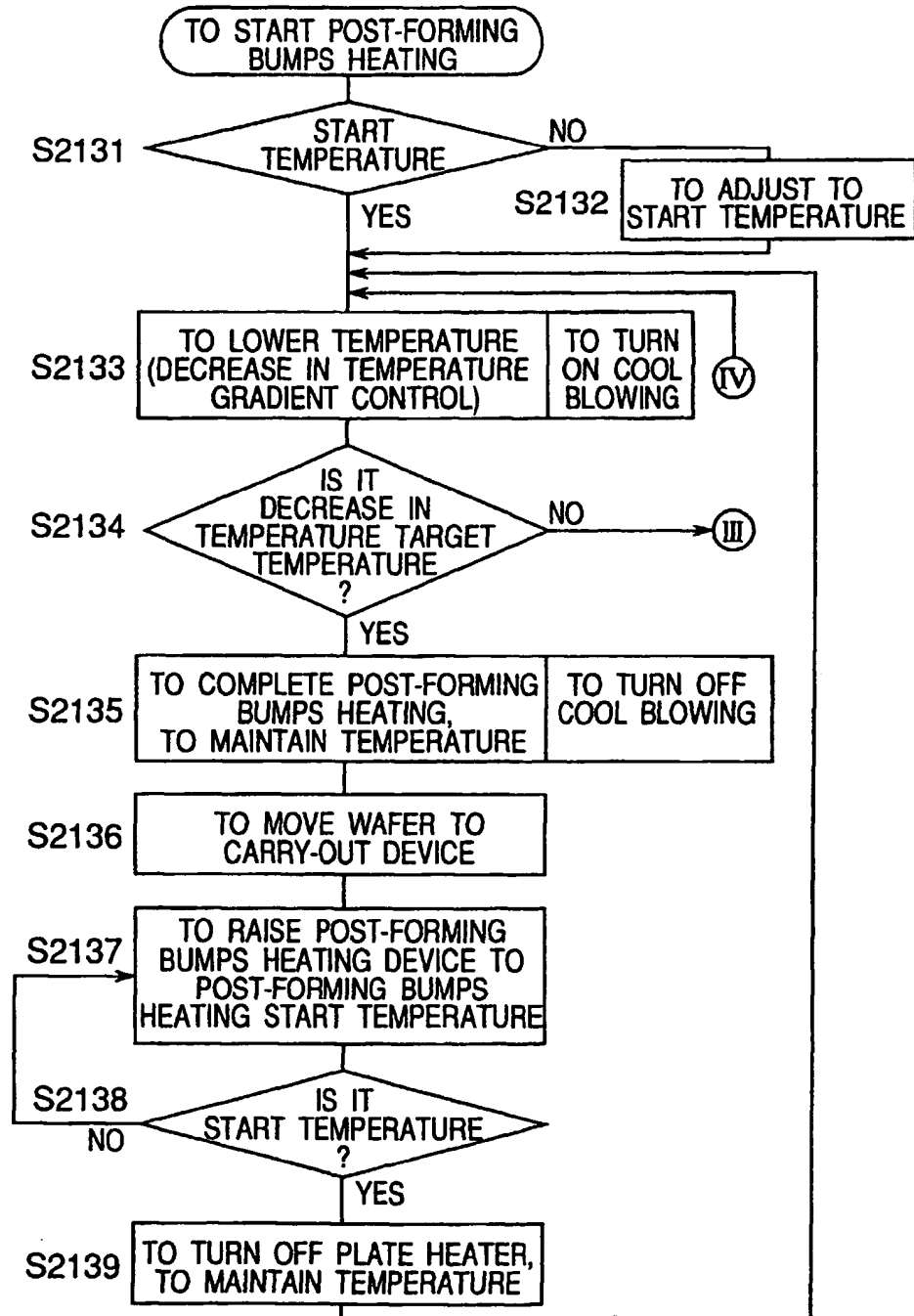
Fig. 78



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 79



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig.80

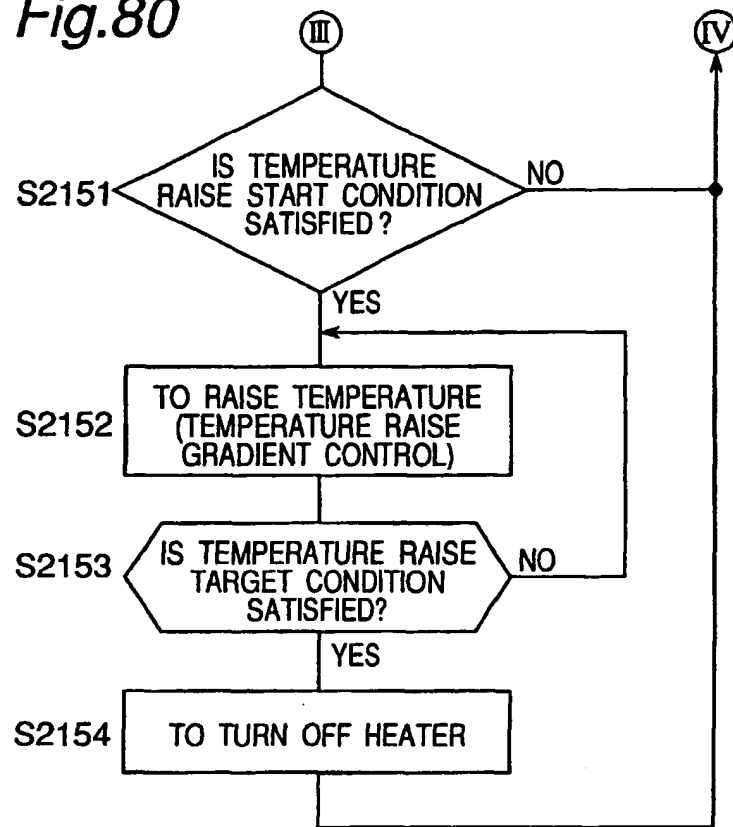
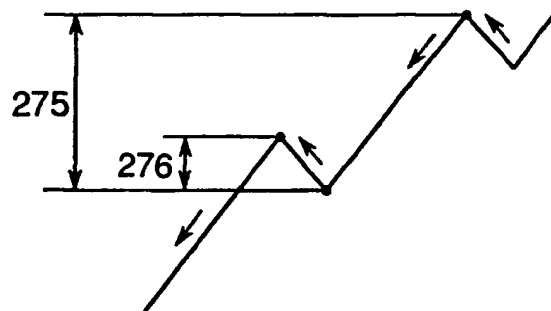


Fig.81



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 82

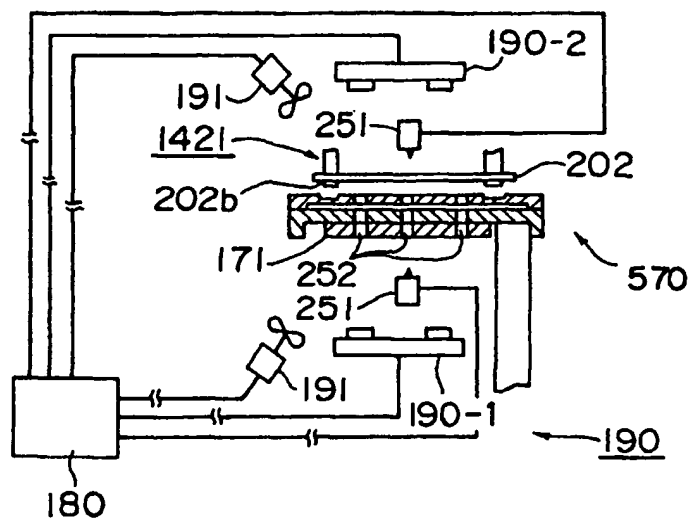
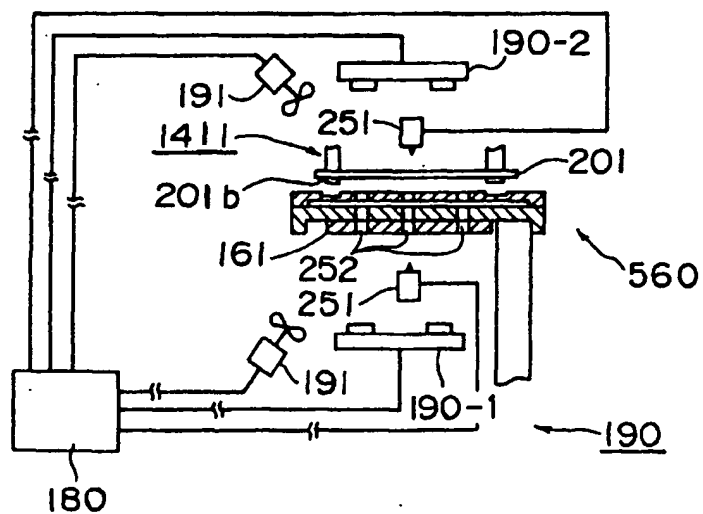
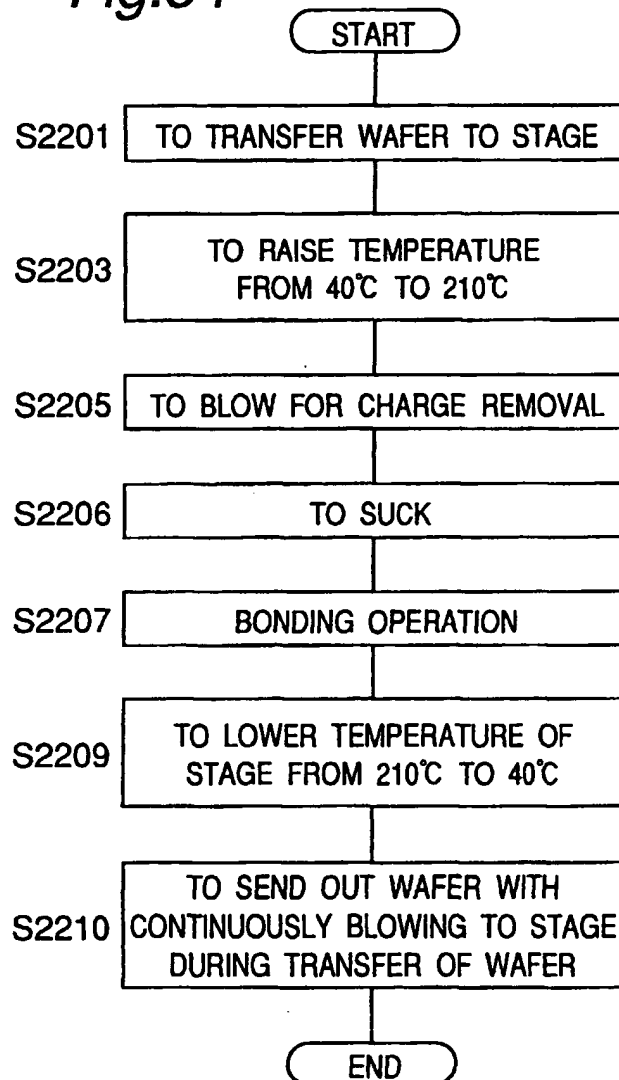


Fig. 83



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Fig.84*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig.85

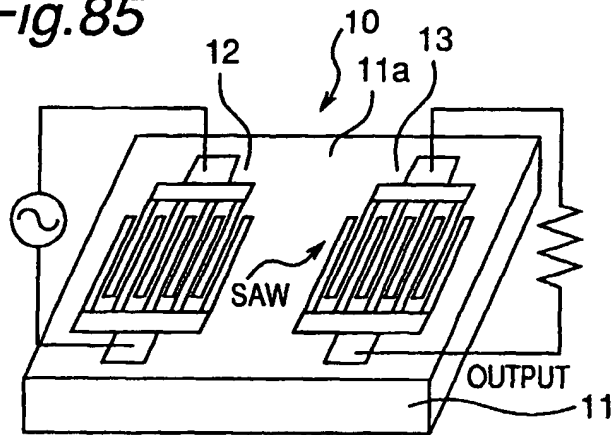


Fig.86

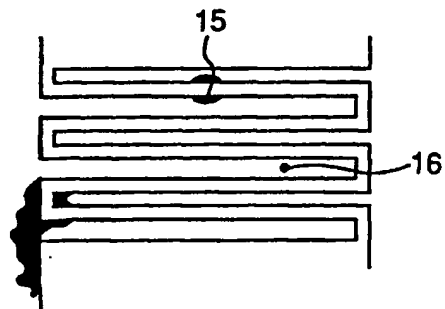
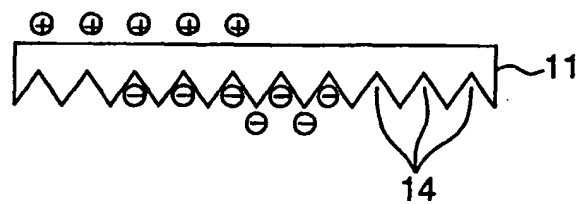
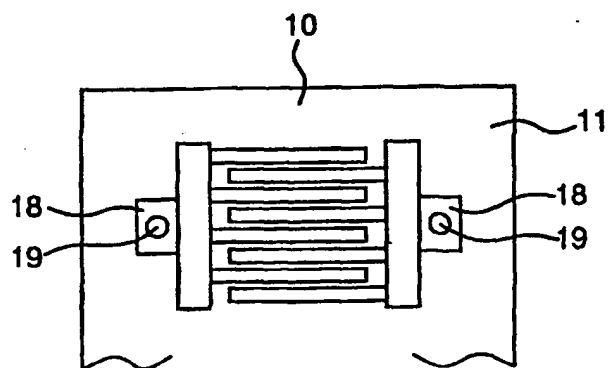


Fig.87



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 88



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04280

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> H01L21/60 H01L41/22		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) F TERM SYSTEM (Japanese Patent Office)  DIALOG (WPI/L)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 11-87392, A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 30 March, 1999 (30.03.99) (Family: none)	1-43
P, A	JP, 11-330573, A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 30 November, 1999 (30.11.99) (Family: none)	1-43
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 September, 2000 (07.09.00)		Date of mailing of the international search report 19 September, 2000 (19.09.00)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**